

รายงานโครงการหมายเลข EE402/2554



การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงด้วยดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดรนต์

นายธีรศักดิ์	คำขำ	รหัสประจำตัว	5113400453
นายวีระ	บุญกล้า	รหัสประจำตัว	5113401027

รายงานนี้เป็นรายงานโครงการของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ซึ่งเสนอเป็นส่วนหนึ่ง
ในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ชื่อเรื่อง การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงด้วยดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดรนต์

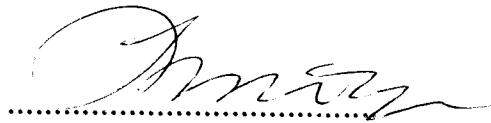
โดย นาย ชีรศานต์ คำขำ รหัส 5113400453

นาย วีระ บุญกล้า รหัส 5113401027

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

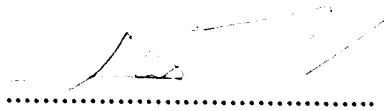
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.คมสันต์ คาโรจน์

อาจารย์ผู้ร่วมประเมินโครงการ



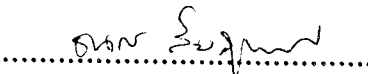
(ดร.คมสันต์ คาโรจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(ดร.สุชิน ไตรรงค์จิตเหมาะ)

กรรมการผู้ร่วมประเมินโครงการ



(อ.ชนกร ลิ้มสุวรรณ)

กรรมการผู้ร่วมประเมินโครงการ

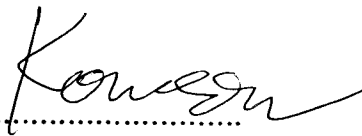
Thesis Title **One - Quadrant DC Chopper Drive for DC Motor**

By **Mr. Teerasan Damkham**
 Mr. Weera Boonkla

Department of Electrical and Electronics Engineering

Project Advisor **Dr.Komsun Daroj**

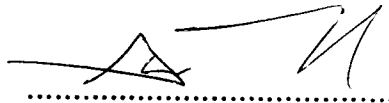
Project committee



.....

(Dr.Komsun Daroj)

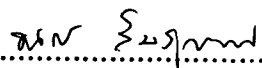
Project Advisor



.....

(Dr.Suchin Trirongjitmoah)

Committee



.....

(Mr.Thanakorn Limsuwan)

Committee

การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงด้วยดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดรันท์

โดย นายธีรศักดิ์ คำขำ รหัสประจำตัว 5113400453

นายวีระ บุญกล้า รหัสประจำตัว 5113401027

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการจัดทำชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงด้วยวงจรดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดรันท์ ซึ่งประกอบด้วยวงจรควบคุมที่สร้างขึ้นจากไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์สำหรับวงจรจุดชนวนที่ใช้มอสเฟตกำลัง ในการขับมอเตอร์กระแสตรงนอกจากนั้น PIC16F887 ยังใช้ในการประมวลผล โดยใช้เซนเซอร์แบบอินฟราเรดเพื่อแปลงความเร็วรอบเป็นสัญญาณไฟฟ้าในวงจรควบคุม เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงให้คงที่ขณะที่โหลดมีการเปลี่ยนแปลง โดยโปรแกรม LabVIEW รับข้อมูลการควบคุมและแสดงผลผ่านพอร์ตอนุกรม สุดท้ายได้มีการทดสอบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงในกรณีโหลดมีการเปลี่ยนแปลงพบว่าชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงด้วยวงจรดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดรันท์ที่สร้างขึ้น สามารถควบคุมความเร็วรอบให้เท่ากับค่าที่ปรับตั้งไว้

One - Quadrant DC Chopper Drive for DC Motor

By Mr. Teerasan Damkham
Mr. Weera Boonkla

ABSTRACT

This project developed a DC motor controller by using one – quadrant Dc chopper circuit. The component of a controller consists of a control circuit with microcontroller PIC16F887 to create pulse-signal to drive power MOSFETs. In addition PIC16F887 is used to compile and control a duty - cycle of a pulse-signal for keeping a constant speed of DC motor. LabVIEW is used as a Human-Machine Interfaces (HMI) via serial port communication to receive control variable and display variable of a system. Finally, the controller is tested with a satisfied result, the speed of a DC motor can be regulated under a varying load circumstance.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณบุคคลต่อไปนี้ที่ได้ช่วยให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี
ดร.คมสันต์ คาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษาที่เป็น
ประโยชน์ในการค้นคว้าและแก้ไขปัญหา
คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ
ปรึกษาที่เป็นประโยชน์ในการค้นคว้าและแก้ไขปัญหา
ดร.สุชิน ไตรรงค์จิตเหมาะ และ อ.ธนกร ลีมสุวรรณ ซึ่งเป็นกรรมการผู้ร่วมประเมิน
โครงการ
และขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และเพื่อนๆที่คอยเป็นกำลังใจ จนสามารถ
ทำโครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 พื้นฐานมอเตอร์กระแสตรง	3
2.1.1 โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรง	3
2.1.2 มอเตอร์กระแสตรงแบบกระตุ้นแยก	4
2.1.3 สมการของสนามและอาร์เมเจอร์	4
2.1.4 สมการแรงบิด	5
2.1.5 การทำงานภายใต้สภาวะคงตัว	5
2.1.6 การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรง	6
2.2 วงจรดีซีชอปเปอร์	7
2.2.1 วงจรดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดรนต์	8
2.3 การวัดความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงด้วยอินฟราเรดเซนเซอร์	12
2.3.1 อินฟราเรด	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2 คุณสมบัติเด่นของอินฟราเรด	12
2.3.3 หลักการทำงานอินฟราเรดเซนเซอร์	13
2.3.4 ลักษณะของวงจรอินฟราเรดเซนเซอร์ทั้งในส่วนรับและส่วนส่ง	13
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887	14
2.4.1 คุณสมบัติของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887	14
2.4.2 โปรแกรมที่ใช้เขียนคำสั่งให้กับ PIC16F887	15
2.4.3 โปรแกรมที่ใช้ดาวน์โหลดคำสั่งลง PIC16F887	16
2.5 โปรแกรม LabVIEW	17
2.5.1 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม LabVIEW	17
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	18
3.1 การออกแบบชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรง	18
3.2 ส่วนของการสร้างพัลส์โดยใช้ PIC16F877	20
3.2.1 ฟังก์ชันสร้างพัลส์ในโปรแกรม PIC C Compiler	22
3.2.2 จำลองการทำงานสร้างพัลส์โดยใช้ Proteus	23
3.3 วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต	24
3.4 วงจรดีซีชอปเปอร์	25
3.5 การออกแบบวงจรอินฟราเรดเซนเซอร์	28
3.6 การจำลองการเชื่อมต่อ PIC16F877 กับโปรแกรม LabView	28
3.6.1 การออกแบบวงจร PIC16F877 เพื่อใช้เชื่อมต่อกับโปรแกรม LabView	29
3.6.2 โปรแกรม Configure Virtual Serial Port Driver และโปรแกรม Tera Term	20
3.7 การออกแบบหน้าจอแสดงผลและติดต่อกับผู้ใช้งานด้วยโปรแกรม LabView	31
3.7.1 อธิบายส่วนต่างๆ ของโปรแกรม	31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดสอบและผลการศึกษา	33
4.1 ผลการสร้างสัญญาณพัลส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์	34
4.1.1 วัตถุประสงค์	34
4.1.2 ขั้นตอนการทดสอบ	34
4.1.3 จุดวัดสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์	34
4.1.4 วัดสัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์	34
4.1.5 สรุปผลการทดสอบ	35
4.2 ผลของวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต (IR 2110)	35
4.2.1 วัตถุประสงค์	35
4.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ	35
4.2.3 ผลการวัดสัญญาณที่ได้จากวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต	36
4.2.4 สรุปผลการทดสอบ	36
4.3 ผลการทดสอบวงจรดีซีชอปเปอร์	37
4.3.1 วัตถุประสงค์	37
4.3.2 ขั้นตอนการทดสอบ	37
4.3.3 ผลการทดลอง	37
4.3.4 สรุปผลการทดสอบวงจรดีซีชอปเปอร์	38
4.4 ผลการวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยอินฟราเรดเซนเซอร์	38
4.4.1 วัตถุประสงค์	38
4.4.2 ขั้นตอนการทดลอง	39
4.4.3 ผลการทดลอง	41
4.4.4 สรุปผลการทดลองวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ ด้วยอินฟราเรดเซนเซอร์	42
4.5 ผลการทดสอบขับเคลื่อนมอเตอร์ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของโหลด	42
4.5.1 วัตถุประสงค์	42
4.5.2 ขั้นตอนการทดลองเพิ่มโหลด	42
4.5.3 ขั้นตอนการทดลองการลดโหลด	42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5.4 ผลการทดลองเพิ่ม โหลด	43
4.5.5 ผลการทดลองลด โหลด	44
4.5.6 สรุปผลการทดลอง	45
4.6 สร้างชุดทดลองขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง	46
4.6.1 ส่วนประกอบวงจรชุดทดลองขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง	46
4.6.2 แผงควบคุมด้านหน้าชุดทดลอง	47
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	48
5.1 สรุปผลการดำเนิน โครงการงาน	48
5.2 ปัญหาที่พบ	49
5.3 ข้อเสนอแนะ	49
5.4 สิ่งที่ต้องพัฒนาต่อ	49
บรรณานุกรม	50
ภาคผนวก	51
ภาคผนวก ก	52
ภาคผนวก ข	57

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง	3
รูปที่ 2.2 วงจรสมมูลของมอเตอร์กระแสตรงแบบกระตุ้นแยก	4
รูปที่ 2.3 การแบ่งประเภทของวงจรถิชีชอปเปอร์	8
รูปที่ 2.4 วงจรถิชีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดร์รีนท์และแรงดันไฟฟ้าขาออก	9
รูปที่ 2.5 โหมมคการทำงานของวงจรถิชีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดร์รีนท์	11
รูปที่ 2.6 อินฟราเรดเซนเซอร์	12
รูปที่ 2.7 วงจรอินฟราเรดเซนเซอร์	13
รูปที่ 2.8 ตัวถัง PIC16F887 และการจัดวางตำแหน่งขาสัญญาณต่าง ๆ	15
รูปที่ 2.9 หน้าต่างโปรแกรม PIC C Compiler	16
รูปที่ 2.10 โปรแกรม PICkit2	16
รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ LabVIEW	17
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนของการดำเนินงาน	18
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรง	19
รูปที่ 3.3 Flow Chart แสดงการสร้างพัลส์	20
รูปที่ 3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	21
รูปที่ 3.5 การจำลองสร้างพัลส์ โดยใช้ Proteus	24
รูปที่ 3.6 วงจรขับมอสเฟตไอซี IR2110	25
รูปที่ 3.7 วงจรถิชีชอปเปอร์	25
รูปที่ 3.8 กระแสขาออก	26
รูปที่ 3.9 แรงดันขาออก	26
รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับจังหวะเวลา	27
รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสขาออกกับจังหวะเวลา	27
รูปที่ 3.12 การต่อวงจรอินฟราเรดเซนเซอร์	28
รูปที่ 3.13 ออกแบบวงจร PIC16F877 เพื่อจำลองเชื่อมต่อกับ LabView	29
รูปที่ 3.14 โปรแกรม Configure Virtual Serial Port Driver	30
รูปที่ 3.15 โปรแกรม Tera Term	30

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.16 ออกแบบโปรแกรมส่วนของ Front panel	31
รูปที่ 3.17 ส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรมแสดงผล	31
รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทดสอบ	33
รูปที่ 4.2 จุดวัดสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์	34
รูปที่ 4.3 สัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ปรับจังหวะเวลาตั้งแต่ 0 - 100%	34
รูปที่ 4.4 รวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต	35
รูปที่ 4.5 สัญญาณพัลส์จากวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต	36
รูปที่ 4.6 การต่อวงจรถิชีชอปเปอร์เพื่อทดสอบแรงดันขาออก	37
รูปที่ 4.7 (ก) วงจรอินฟราเรดเซนเซอร์ และ (ข) แถบสีที่เปลวที่ใช้วัดความเร็วรอบของมอเตอร์	39
รูปที่ 4.8 สัญญาณขาออกที่ความถี่เปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบ	40
รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบความเร็วรอบของเครื่องมือทั้ง 3 ชนิด	41
รูปที่ 4.10 การต่อมอเตอร์กระแสตรงและการจัดวางชุดอินฟราเรดเซนเซอร์	43
รูปที่ 4.11 ชุดจ่ายโหลดให้กับมอเตอร์กระแสตรง	43
รูปที่ 4.12 ชุดควบคุมความเร็วรอบที่สร้างขึ้น	43
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับเวลา ขณะที่โหลดเพิ่มขึ้น	44
รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับเวลา ขณะที่โหลดลดลง	45
รูปที่ 4.15 ชุดทดลองขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง	46
รูปที่ 4.16 แผงควบคุมด้านหน้าชุดทดลอง	47

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางขั้นตอนการดำเนินการศึกษาโครงการ	2
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงค่าแรงดันและกระแสขาออก	26
ตารางที่ 4.1 ตารางผลการปรับแรงดันวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต	36
ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลวงจรถูกปรับขึ้นมอเตอร์ขณะไม่มีโหลด	38
ตารางที่ 4.3 การทดสอบเครื่องวัดความเร็วรอบที่สร้างขึ้น	40

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมซึ่งมอเตอร์กระแสตรงสามารถควบคุมได้โดยการปรับกระแสขดลวดสนาม (Field Current) และแรงดันอาร์เมเจอร์ (Armature Voltage) ซึ่งวงจรถิชีขอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดร์นต์ (One Quadrant DC Chopper) สามารถปรับแรงดันไฟฟ้าโดยการควบคุมการเปิด-ปิด (On - Off) สวิตซ์ทางไฟฟ้าเป็นจังหวะเวลา (Duty Cycle) ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำวงจรถิชีขอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดร์นต์ที่ใช้ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงแบบป้อนกลับ (Feedback Control) ซึ่งใช้อินฟราเรดเซนเซอร์ในการวัดค่าความเร็วรอบจากนั้นส่งค่ากลับมาประมวลผลและควบคุมค่าจังหวะเวลา ซึ่งการควบคุมค่าจังหวะเวลาคือการควบคุมแรงดันไฟฟ้าและความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรง โดยมีเงื่อนไขคือการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ให้คงที่ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของโหลด

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงโดยวงจรถิชีขอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดร์นต์โดยมีการป้อนกลับได้
2. สามารถเข้าใจหลักการทำงานและพฤติกรรมของมอเตอร์กระแสตรงได้
3. สามารถออกแบบวงจรถิชีขอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดร์นต์เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงได้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงพิกัดกำลังไฟฟ้า 0.37 W พิกัดแรงดันไฟฟ้า 220 V และพิกัดความเร็วรอบ 2,250 rpm โดยใช้วงจรถิชีขอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดร์นต์และมีการควบคุมแบบป้อนกลับเพื่อควบคุมความเร็วรอบให้คงที่ขณะที่โหลดมีการเปลี่ยนแปลง โดย

เลือกต่อมอเตอร์แบบชันท (Shunt DC Motor) และปรับกระแสสนามของมอเตอร์ขณะที่กำหนดให้แรงดันอาร์มเจอร์มีค่าคงที่

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ระยะเวลาของการดำเนินการของโครงการทั้งสิ้น 8 เดือน โดยแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตารางขั้นตอนการดำเนินการศึกษาโครงการ

เดือน/ปี	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
ขั้นที่	2554	2554	2554	2554	2554	2554	2555	2555
1. ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง								
2. ออกแบบและจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม Pspice และ Proteus								
3. จำลองวงจรลงในบอร์ดทดลอง								
4. สร้างวงจรกำลังและทดสอบ								
5. ทดสอบ, แก้ไขปรับปรุงและ สรุปผล								
6. จัดทำรูปเล่มปริิญาานิพนธ์								

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1. มีความเข้าใจเกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง
2. สามารถออกแบบวงจรดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดร์นัทเพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ได้
3. สามารถนำโครงการที่จัดทำขึ้นไปใช้ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงแบบมีการป้อนกลับได้จริง

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานโครงการ

บทนี้จะได้กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่นำมาประยุกต์ใช้ในโครงการการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงด้วยดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดรนต์ ซึ่งได้แก่

2.1 พื้นฐานมอเตอร์กระแสตรง

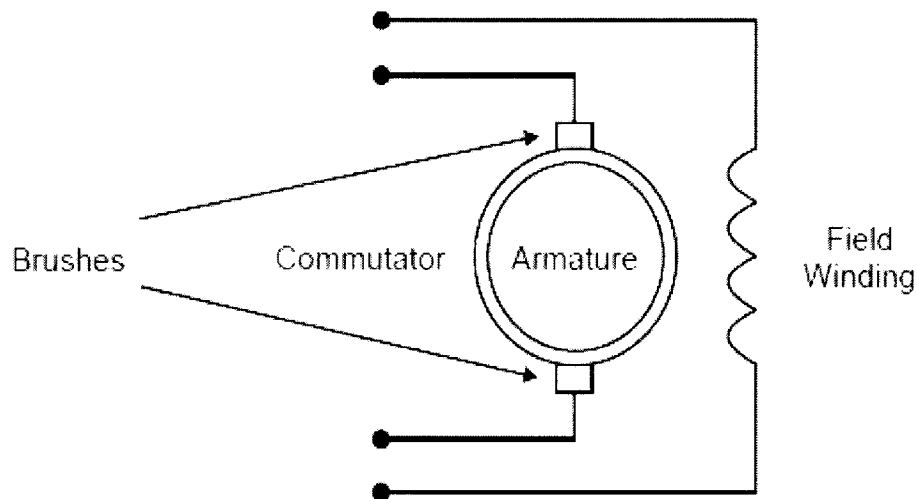
2.1.1 โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรงประกอบด้วย 2 ส่วนได้แก่

2.1.1.1 ส่วนอยู่กับที่ (Stationary Part) เป็นส่วนที่หยุดนิ่งอยู่กับที่ซึ่งประกอบด้วยขดลวดสนาม (Field Winding) ทำหน้าที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็ก แปรงถ่านและเบริง (Brushes and Bearing) ทำหน้าที่เป็นสะพานไฟจากคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ไปยังวงจรรภายนอก

2.1.1.2 ส่วนที่หมุน (Rotating Part) เป็นส่วนที่เคลื่อนที่ซึ่งประกอบด้วยขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) ซึ่งปลายของขดลวดจะถูกนำไปต่อกับคอมมิวเตเตอร์ ซึ่งคอมมิวเตเตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

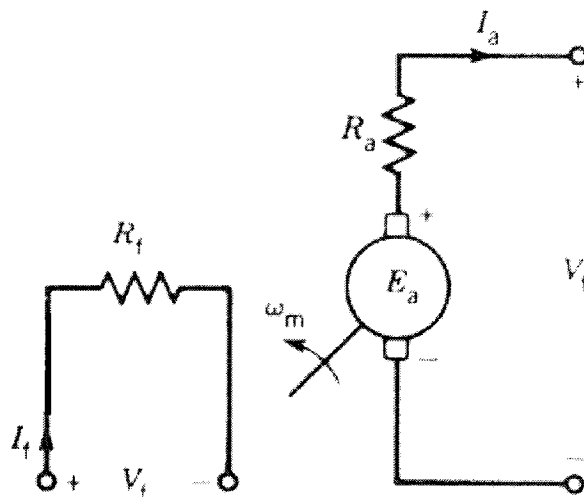
ส่วนประกอบที่สำคัญของมอเตอร์กระแสตรงสามารถแสดงได้ด้วยรูปที่ 2.1 ดังนี้



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง

2.1.2 มอเตอร์กระแสตรงแบบกระตุ้นแยก

เป็นมอเตอร์กระแสตรงที่ส่วนของอาร์เมเจอร์ (Armature Part) และส่วนของสนาม (Field Part) แยกกันจ่ายแรงดันไฟฟ้า ซึ่งมีวงจรสุมมูล (Equivalent Circuit) ดังนี้



รูปที่ 2.2 วงจรสุมมูลของมอเตอร์กระแสตรงแบบกระตุ้นแยก

2.1.3 สมการของสนามและอาร์เมเจอร์

ก. กระแสสนามชั่วครู่

$$v_f = R_f i_f + L_f \frac{di_f}{dt} \quad (2.1)$$

ที่ R_f และ L_f คือความต้านทานของขดลวดสนาม (Field Resistor) และความเหนี่ยวนำของขดลวดสนาม (Field Inductor)

ข. กระแสอาร์เมเจอร์ชั่วครู่

$$v_t = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} \quad (2.2)$$

ที่ R_a และ L_a คือความต้านทานของอาร์เมเจอร์ (Armature Resistor) และความเหนี่ยวนำของอาร์เมเจอร์ (Armature Inductor)

ค. แรงดันย้อน

$$e_a = K_v \omega_{if} \quad (2.3)$$

ที่ K_v ค่าคงที่แรงดันของมอเตอร์ (V/A-rad/s) และ ω คือความเร็วรอบของมอเตอร์ (rad/sec)

2.1.4 สมการแรงบิด

$$T_d = K_t i_a \quad (2.4)$$

ที่ $K_t = K_v$ ค่าคงที่ของทอร์ก (V/A-rad/s)

$$\text{หรือ } \Delta T_d = K_t \Delta i_a \quad (2.5)$$

การทำงานโดยปกติของมอเตอร์แรงบิดที่สร้างขึ้นจะเท่ากับแรงบิดที่โหลดคบบวกกับความเฉื่อย (Inertia) ดังสมการ

$$T_d = J \frac{d\omega}{dt} + B\omega + T_L \quad (2.6)$$

B = ค่าคงที่ความเสียดทาน (viscous friction constant) (N.m/rad/s)

T_L = แรงบิดของโหลด (Load Torque) (N.m)

J = สัมประสิทธิ์ความเฉื่อยของมอเตอร์ (kg.m^2)

2.1.5 การทำงานภายใต้สภาวะคงตัว

ก. กระแสสนาม

$$v_f = R_f i_f \quad (2.7)$$

ข. แรงดันย้อน

$$E_a = K_v \omega_{if} \quad (2.8)$$

ค. KVL ด้านอาร์มเจอร์

$$V_t = R_a i_a + E_a = I_a R_a + K_v \omega I_f \quad (2.9)$$

ง. ความเร็วรอบ

$$\omega = \frac{V_t - I_a R_a}{K_v I_f} \quad (2.10)$$

จ. แรงบิดมอเตอร์

$$T_d = K_t i_f i_a + B\omega + T_L \quad (2.11)$$

ฉ. กำลังเอาต์พุต

$$P = T_d \omega \quad (2.12)$$

2.1.6 การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรง

จากสมการที่ (2.10) สมการความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรง จะเห็นได้ว่าการควบคุมความเร็วรอบสามารถทำได้ดังนี้

ก. การเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็ก (Flux Control) ทำได้โดยควบคุมกระแสสนาม (i_f) โดยการปรับแรงดันที่ขดลวดสนาม (V_f) ซึ่งสามารถสรุปสาเหตุและผลได้ดังนี้

- การปรับแรงดันสนามลดลงทำให้กระแสสนามลดลง
- การลดลงของกระแสสนามทำให้ฟลักซ์ลดลง
- การลดลงของฟลักซ์ทำให้แรงดันย้อนกลับลดลง
- การลดลงของแรงดันย้อนกลับทำให้กระแสอาร์มเจอร์เพิ่มขึ้น
- กระแสอาร์มเจอร์เพิ่มขึ้นทำให้ทอร์คเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นดังสมการที่ (2.4)
- การเพิ่มขึ้นของทอร์คเหนี่ยวนำมากกว่าทอร์คของโหลด ทำให้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้น
- การเพิ่มขึ้นของความเร็วรอบทำให้แรงดันย้อนกลับเพิ่มขึ้น
- การเพิ่มขึ้นของแรงดันย้อนกลับทำให้กระแสอาร์มเจอร์ลดลง

- การลดลงของกระแสอาร์มเจอร์ทำให้ทอร์คเหนี่ยวนำลดลงจนกระทั่งเท่ากับทอร์คของโหลด

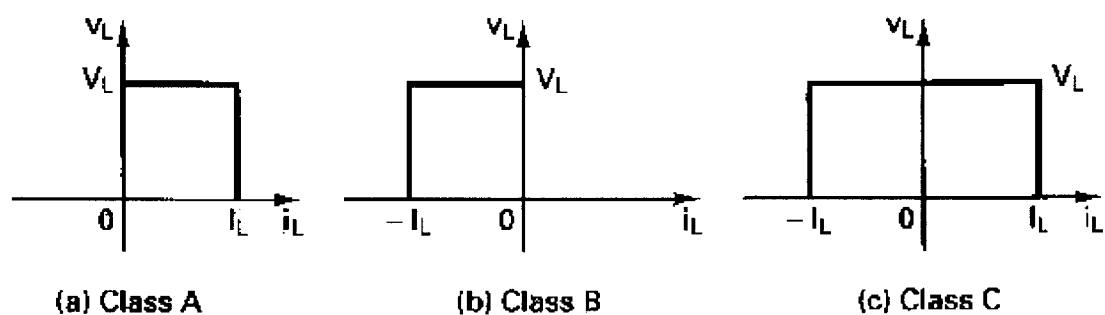
ข. การควบคุมที่แรงดันไฟฟ้า (Voltage Control) ทำได้โดยการปรับแรงดันที่จ่ายให้กับขดลวดอาร์มเจอร์ ซึ่งสามารถสรุปเหตุและผลได้ดังนี้

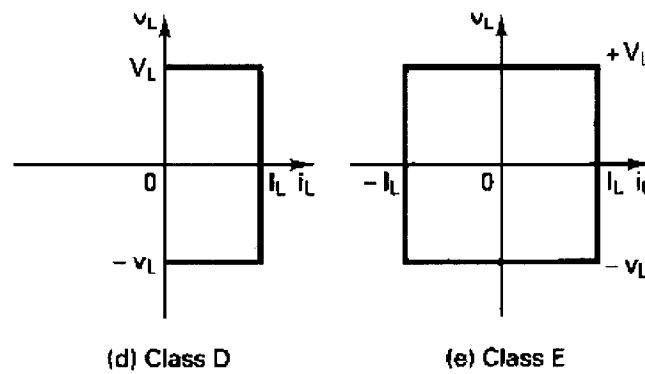
- การเพิ่มขึ้นของแรงดันอาร์มเจอร์ทำให้กระแสอาร์มเจอร์เพิ่มขึ้น
- เมื่อกระแสอาร์มเจอร์เพิ่มขึ้นทำให้ทอร์คเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นด้วย
- ทอร์คเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นมากกว่าทอร์คของโหลดทำให้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้น
- การเพิ่มขึ้นของความเร็วรอบทำให้แรงดันย้อนกลับเพิ่มขึ้นส่งผลให้กระแสอาร์มเจอร์ลดลง
- การลดลงของกระแสอาร์มเจอร์ทำให้ทอร์คเหนี่ยวนำลดลงจนกระทั่งเท่ากับทอร์คของโหลด

2.2 วงจรดีซีชอปเปอร์

วงจรดีซีชอปเปอร์เป็นวงจรตัดต่อไฟฟ้ากระแสตรงเป็นช่วง ๆ หรือเป็นจังหวะ ซึ่งเรียกว่า วงจรแปลงผันแรงดันกระแสตรงเพื่อนำไปใช้เพิ่ม และลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้กับ โหลด วงจรดีซีชอปเปอร์เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้การควบคุม กำลังของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ควบคุมแรงดันขาออกคงที่ที่วงจร ดีซีชอปเปอร์โดยพื้นฐานมีหลักการทำงาน โดยการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าขาออกจ่ายให้กับโหลด

วงจรดีซีชอปเปอร์สามารถแบ่งเป็นคลาสได้ 5 ประเภท คือ คลาส A, B, C, D และ E โดยแบ่งตามลักษณะการไหลของกระแสและแรงดันที่โหลดดังรูปที่ 2.3



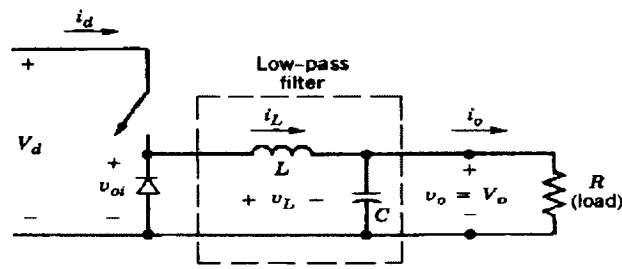


รูปที่ 2.3 การแบ่งประเภทของวงจรดีซีชอปเปอร์

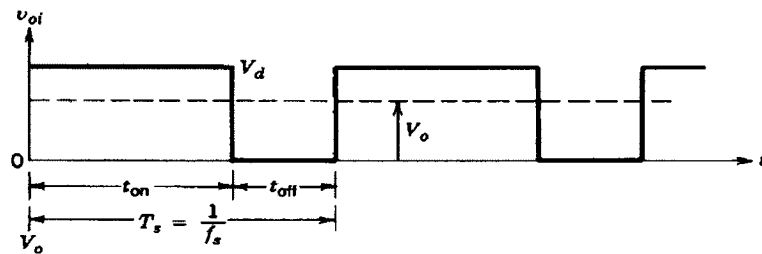
- คลาส A หรือ วงจรดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดรนต์ที่มีลักษณะการไหลของกระแสและแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.3 (a) โดยกระแสและแรงดันไฟฟ้าจะอยู่ในควอดแดรนต์ที่ 1 ของระนาบกราฟซึ่งเป็นบวกทั้งคู่
- คลาส B กระแสจะไหลออกจากโหลดและแรงดันไฟฟ้าเป็นบวก ลักษณะของแรงดันและกระแสไฟฟ้าจะอยู่ในควอดแดรนต์ที่ 2 ดังรูปที่ 2.3 (b)
- คลาส C การทำงานของวงจรนี้ กระแสที่ไหลผ่านโหลดจะไหลทั้งด้านบวกและลบแต่แรงดันไฟฟ้าคร่อมโหลดจะมีขั้วบวกบนโหลดอย่างเดียว จึงมีการทำงานใน 2 ควอดแดรนต์ ดังรูปที่ 2.3 (c)
- คลาส D การทำงานของวงจรจะมีกระแสไหลผ่านโหลดเป็นบวกตลอดเวลา แต่แรงดันไฟฟ้าคร่อมโหลดจะเกิดทั้งด้านบวกและลบ จึงทำงานใน 2 ควอดแดรนต์ ดังรูปที่ 2.3 (d)
- คลาส E กระแสไหลจะไหลทั้งด้านบวกและลบรวมถึงแรงดันไฟฟ้าคร่อมโหลดก็จะเปลี่ยนเป็นบวกและลบด้วยการทำงานนี้จะทำในลักษณะ 4 ควอดแดรนต์ ดังรูปที่ 2.3 (e)

2.2.1 วงจรดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดรนต์

วงจรดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดรนต์ที่มีลักษณะการไหลของกระแสและแรงดันไฟฟ้าจะอยู่ในควอดแดรนต์ที่ 1 ของระนาบกราฟซึ่งเป็นบวกทั้งคู่ วงจรดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดรนต์ดังรูปที่ 2.4 (a)



(a) วงจรดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดร์รันท์



(b) แรงดันไฟฟ้าขาออก

รูปที่ 2.4 วงจรดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดร์รันท์และแรงดันไฟฟ้าขาออก

จากรูปที่ 2.4 จะใช้มอดสเฟทเพื่อควบคุม การตัดต่อไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง โดยค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าขาออกดังรูปที่ 2.4 (b) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ (2.13)

$$V_{av} = \frac{1}{T} \int_0^{t_1} V_0 dt = \frac{t_1}{T} V_s = k V_s = k V_d \quad (2.13)$$

กระแสที่ผ่านโหลดสามารถหาได้จากสมการที่ (2.14)

$$I_{av} = \frac{V_{av}}{R} = \frac{k V_s}{R} \quad (2.14)$$

โดยที่ $k = t_1 / T$ เมื่อ k เป็นคาบเวลา ปิด-เปิด วงจร

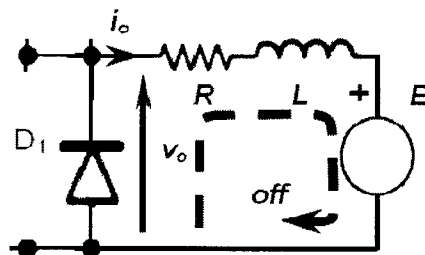
จะเห็นว่าค่า k สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ 0 - 1 โดยการเปลี่ยนค่าคาบเวลาตัดต่อ สัญญาณ t_1 หรือ T หรือ f ดังนั้น V_o จะสามารถแปรเปลี่ยนได้จาก 0 - V_s ด้วยการควบคุมค่า k ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1. แบบความถี่คงที่ (Constant-Frequency Operation) ซึ่งหมายถึงคาบเวลา T หรือความถี่ f ของวงจรคงที่ในกรณีนี้การควบคุมค่า k จะต้องเปลี่ยนความกว้างของพัลส์ t_1 ซึ่งการควบคุมความกว้างของพัลส์นี้เรียกว่า PWM (Pulse-Width Modulation)

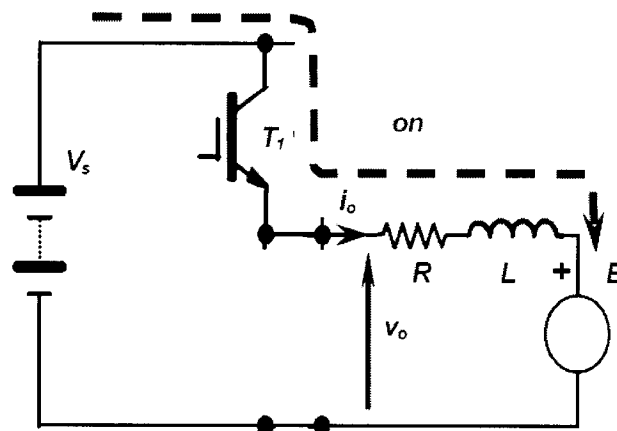
2. แบบแปรเปลี่ยนความถี่ (Variable-Frequency Operation) ในลักษณะนี้ความกว้างของพัลส์ t_1 และ t_2 คงที่แต่ความถี่ f หรือ คาบเวลา T ของวงจรเปลี่ยนแปลง เรียกววงจรแบบนี้ว่า FM (Frequency modulation) ข้อเสียของการควบคุมแบบนี้คือ ไม่สามารถที่จะคาดเดาความถี่คัมฮาร์โมนิก (Harmonics) ที่เกิดขึ้นในระบบได้

วงจรดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดร์รันท์หรือที่เรียกว่า บั๊กคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter) เป็นวงจรที่ใช้ในการลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขาออก (คร่อมโหลด) มีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนให้กับวงจร สามารถที่จะเขียนวงจร และวงจรเปิด - ปิด ได้ดังรูปที่

2.5



(a) โหมควงจรปิด



(b) โหมควงจรเปิด

รูปที่ 2.5 โหมคการทำงานของวงจรดีซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดร์รันท์

พิจารณาวงจรในช่วงโหมดที่วงจรถูกเปิด สามารถคำนวณกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำได้ดังสมการที่ (2.15)

$$i_L = \frac{1}{L} \int (v_i - v_o) dt \quad (2.15)$$

สามารถคำนวณกระแสที่ผ่านตัวเก็บประจุได้จากสมการที่ (2.16)

$$i_C = i_L - \frac{V_o}{R} \quad (2.16)$$

และสามารถคำนวณหาแรงดันขาออกที่ตกคร่อมตัวต้านทานได้โดยสมการที่ (2.17)

$$V_o = \frac{1}{C} \int i_C dt \quad (2.17)$$

ไดโอดเปิด ทำให้ $V_d = V_i$ และ $i_d = 0$ เพราะแรงดันที่ขาแคโทดสูงกว่าขาแอนโอดทำให้ไดโอดไม่นำกระแส

พิจารณาวงจรในช่วงโหมดที่วงจรถูกปิด สามารถคำนวณกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำได้ดังสมการที่ (2.18)

$$i_L = \frac{1}{L} \int (-V_o) dt \quad (2.18)$$

สามารถคำนวณกระแสที่ผ่านตัวเก็บประจุได้จากสมการที่ (2.19)

$$i_C = i_L - \frac{V_R}{R} \quad (2.19)$$

และสามารถคำนวณหาแรงดันขาออกที่ตกคร่อมตัวต้านทานได้โดยสมการที่ (2.20)

$$V_o = \frac{1}{C} \int i_C dt \quad (2.20)$$

2.3 การวัดความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงด้วยอินฟราเรดเซนเซอร์

2.3.1 อินฟราเรด (Infrared)

แสงอินฟราเรดเป็นแสงที่คนเรามองไม่เห็นด้วยตาเปล่ามีความถี่อยู่ในช่วง $10^{11} - 10^{14}$ เฮิรตซ์ หรือความยาวคลื่น $10^{-3} - 10^{-6}$ เมตร เนื่องจากแสงอินฟราเรดมีความยาวคลื่นสั้นมีคุณสมบัติที่เด่นคือจะเดินทางเป็นแนวเส้นตรง และไม่สามารถเดินทางผ่านสิ่งกีดขวางหรือวัตถุได้จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการสื่อสารในระยะสั้น ๆ เช่นรีโมทสำหรับควบคุมวิทยุ โทรทัศน์ เป็นต้น หรือตรวจจับสิ่งของต่าง ๆ อินฟราเรดเซนเซอร์จะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนเครื่องรับและเครื่องส่ง

2.3.1.1 ส่วนเครื่องส่ง จะทำหน้าที่ส่งแสงอินฟราเรดให้กับเครื่องรับใช้ IR LED เป็นตัวขับแสงอินฟราเรด แสงที่ส่งออกมาจะมีช่วงความถี่ที่สูงกว่าความถี่ของแสงธรรมดาทั่วไป คือมากกว่า 2,000 เฮิรตซ์

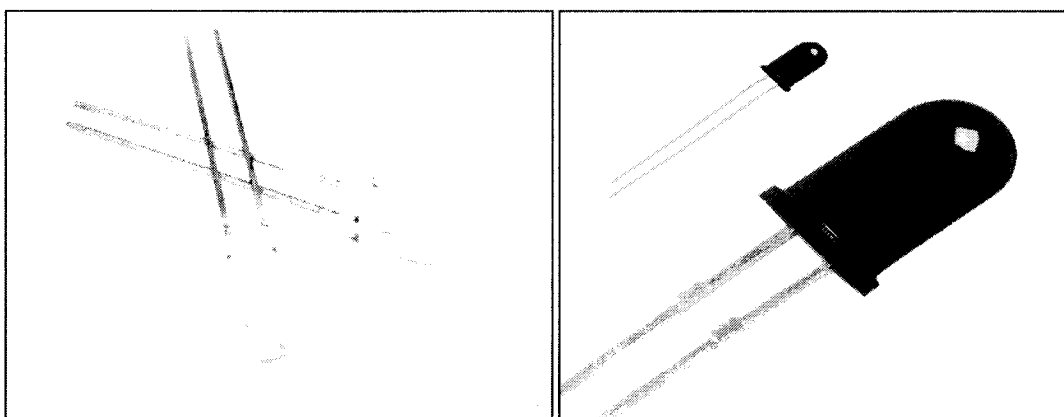
2.3.1.2 ส่วนเครื่องรับ จะใช้โฟโตไดโอด โฟโตทรานซิสเตอร์หรือแอลดีอาร์เป็นตัวรับแสงก็ได้โดยที่ทั้งเครื่องรับและส่งจะต้องมีความถี่เท่ากันเพราะถ้าไม่เท่ากันจะทำให้ไม่สามารถรับส่งสัญญาณได้

2.3.2 คุณสมบัติเด่นของอินฟราเรด

2.3.3.1 คลื่นสั้นทางเดินของแสงเป็นแนวตรง

2.3.3.2 ราคาถูกง่ายต่อการผลิตและปลอดภัยต่อการดักสัญญาณ

2.3.3.3 ไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุ



(a) ตัวส่ง

(b) ตัวรับ

รูปที่ 2.6 อินฟราเรดเซนเซอร์

2.3.3 หลักการทำงานอินฟราเรดเซนเซอร์

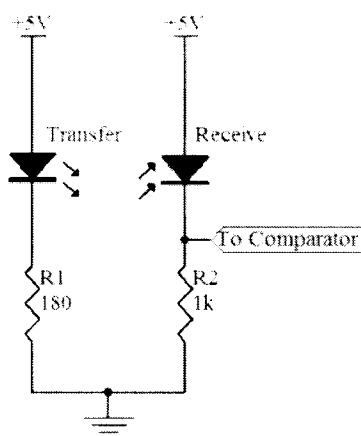
อินฟราเรดเซนเซอร์จะมีหลักการทำงานคือ จะส่งแสงอินฟราเรดจากเครื่องรับไปยังเครื่องส่งโดยจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือเครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกันและเครื่องส่งอยู่คนละที่กัน

2.3.2.1 เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกัน จะใช้หลักการสะท้อนกับวัตถุเมื่อมีวัตถุผ่านหรือขวางกั้นอยู่ เพื่อให้ระบบทำงานแต่ถ้าวัตถุไม่สะท้อนแสงหรือสะท้อนแสงได้น้อย เช่น วัตถุสีดำ ตัวเซนเซอร์ก็จะไม่ทำงานหรือทำงานได้ไม่ดี

2.3.2.2 เครื่องรับเครื่องส่งไม่ได้อยู่ที่เดียวกัน จะอาศัยหลักการของการตัดเส้นทางของแสงเมื่อมีการตัดเส้นทางเดินของแสงระบบจะทำงาน โดยจะมีการนำไปประยุกต์ใช้งานมากมาย เช่น ทำวงจรถวจจับคนเดินผ่าน เป็นต้น

2.3.4 ลักษณะของวงจรอินฟราเรดเซนเซอร์ทั้งในส่วนรับและส่วนส่ง

จากรูปที่ 2.6 ประกอบด้วยเซนเซอร์ตัวรับและเซนเซอร์ตัวส่งทำงานโดยที่เซนเซอร์ตัวส่งส่งสัญญาณอินฟราเรดออกไปยังวัตถุแล้วสะท้อนกลับมายังเซนเซอร์ตัวรับ สัญญาณขาออกที่ได้จะเป็นแรงดันขนาด 5 V เมื่อตัวรับทำงานกล่าวคือเมื่อมีสัญญาณอินฟราเรดสะท้อนกลับมายังตัวรับ และ 0 V เมื่อตัวรับไม่ทำงานหรือไม่มีการสะท้อนกลับของสัญญาณอินฟราเรด โดยมีตัวต้านทาน R_1 และ R_2 เป็นตัวจัดการไหลของกระแสที่ไหลผ่านอินฟราเรดเซนเซอร์ เช่น เมื่อติดแถบขาวดำสลับกันไว้กับส่วนที่หมุนของมอเตอร์สัญญาณขาออกที่ได้จะเป็นพัลส์ซึ่งนำสัญญาณนั้นเข้าไปประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับความถี่ของสัญญาณพัลส์ได้



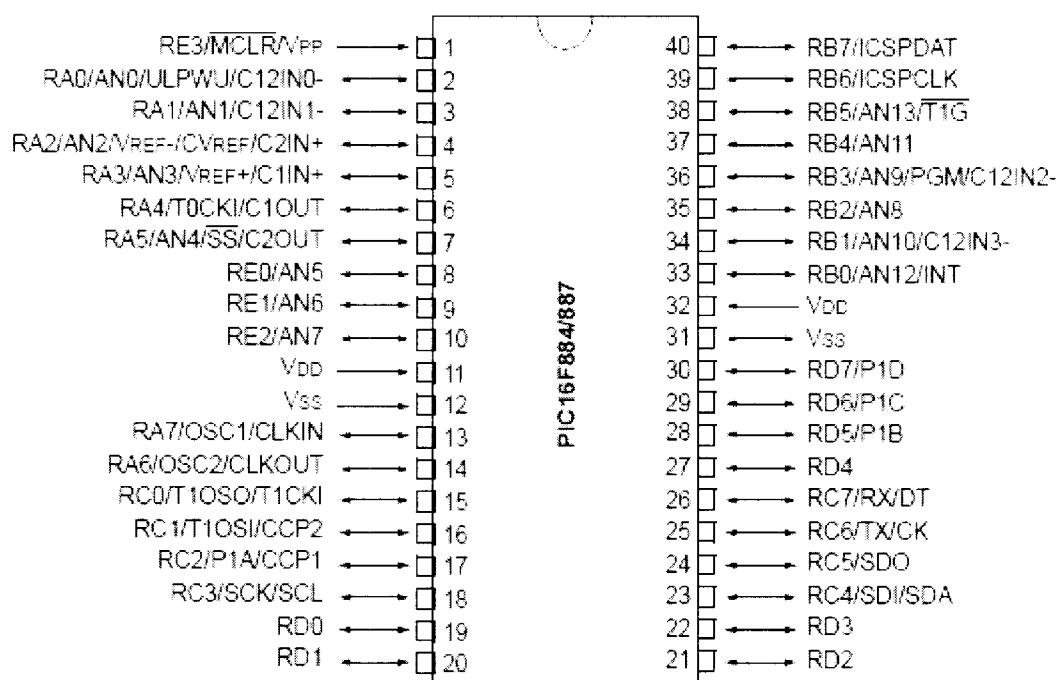
รูปที่ 2.7 วงจรอินฟราเรดเซนเซอร์

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887

2.4.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887

- มี 35 คำสั่ง
- ในการปฏิบัติงานคำสั่งต่างๆจะใช้ Cycle และ 2 Cycle ในคำสั่งที่เป็นการกระโดด
- ความถี่สูงสุดที่ทำงานคือ 20 MHz (16F877-20/P)
- การทำงานจะเป็นลักษณะ Pipeline ทำให้มีการทำงานที่เร็วขึ้น
- หน่วยความจำโปรแกรม Flash Program Memory มีขนาด 8k (14-bit Words)
- หน่วยความจำข้อมูล (RAM) 368 Bytes
- หน่วยความจำข้อมูล (EEPROM) 256 Bytes
- สามารถอินเทอร์รัพได้ถึง 14 แหล่ง
- STACK 8 ระดับ
- เพาเวอร์อนรีเซ็ท (POR) เพาเวอร์อัปไทมเมอร์ (PWRT) และ Oscillator Start-Up Timer
- Watchdog Timer
- สามารถเลือกการป้องกันข้อมูลได้ (Code Protection)
- โหมดการประหยัดพลังงาน (Sleep Mode)
- เลือกโหมดของสัญญาณนาฬิกาได้หลายโหมด
- สามารถโปรแกรมแบบ ICSP (In-Circuit Serial Programming)
- ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2.0 V ถึง 5.0 V
- กระแสทั้งซิงก์และซอร์สของพอร์ตคือ 25 mA
- Timer / Counter จำนวน 3 ตัว คือ Timer0 Timer1 Timer2
- โมดูล Capture / Compare / PWM จำนวน 2 ชุด
- Analog to Digital Converter ความละเอียด 10 บิต 8 แชนแนลภายในตัว
- มีโมดูลการสื่อสาร USART
- มีโมดูลตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยง Brown – Out Reset (BOR)
- มีพอร์ต I/O 5พอร์ตประกอบด้วย A B C D และ E แต่ละพอร์ตจะมีจำนวนบิตไม่เท่ากันซึ่งรวมแล้วจะมี I / O จำนวน 33 บิต

40-pin PDIP

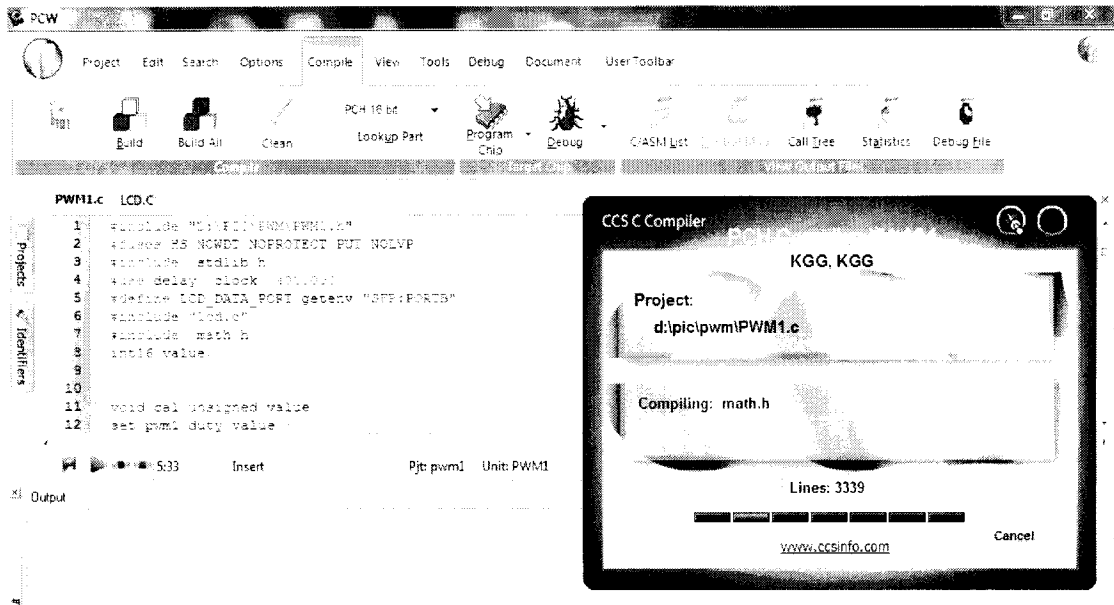


รูปที่ 2.8 ตัวถัง PIC16F887 และการจัดวางตำแหน่งขาสัญญาณต่าง ๆ

จากรูปที่ 2.7 แสดงตัวถัง PIC16F887 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัทไมโครชิปมีจำนวน 40 ขา ซึ่งมีราคาถูกและมีคุณสมบัติครบถ้วนเหมาะสมสำหรับสร้างพัลส์ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรง

2.4.2 โปรแกรมที่ใช้เขียนคำสั่งให้กับ PIC16F887

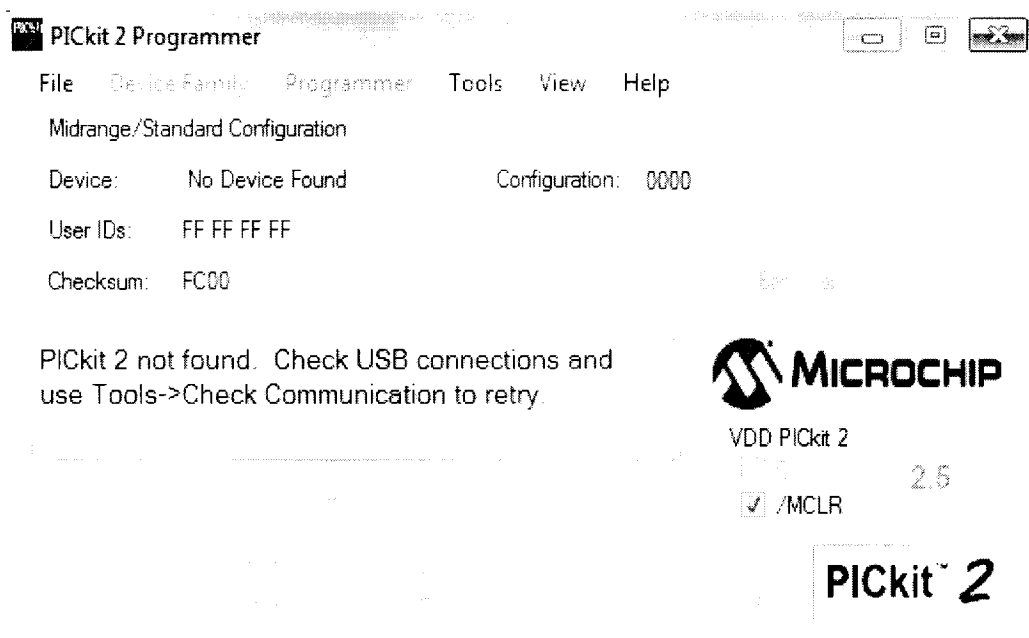
โปรแกรมที่ใช้เขียนคำสั่งสร้างให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 คือโปรแกรม PIC C Compiler ซึ่งใช้ CCS Compiler เป็นซอฟต์แวร์สำหรับการเขียนโค้ดโปรแกรมภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC (Programmable Integrated Circuit) ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.9 หน้าต่างโปรแกรม PIC C Compiler

2.4.3 โปรแกรมที่ใช้ Download คำสั่งลง PIC16F887

PICKit2 เป็นโปรแกรมสำหรับ Download คำสั่งลงบน PCU ตระกูล PIC ซึ่งสามารถดาวน์โหลด คำสั่งลง CPU ของ PIC ได้หลายรุ่นเช่น 16Fxxx 18Fxxx dsPIC ฯลฯ เป็นต้น



รูปที่ 2.10 โปรแกรม PICKit 2

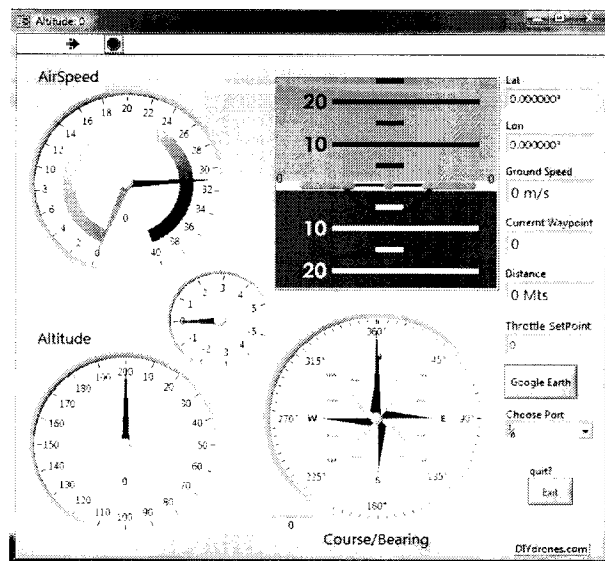
2.5 โปรแกรม LabVIEW

LabVIEW เป็นซอฟต์แวร์สำหรับการออกแบบโปรแกรมประยุกต์ ด้วยรูปแบบการใช้โค้ดรูปภาพแทนการเขียนด้วยตัวหนังสือ ซึ่งเป็นที่ยอมรับจากผู้ใช้งานทำให้การพัฒนาโปรแกรมเป็นไปได้อย่างรวดเร็วขึ้นจริง เหมาะสำหรับการพัฒนาโปรแกรมประสิทธิภาพสูง แต่ใช้เวลาน้อยและปัจจุบัน ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ได้นำโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาโดยซอฟต์แวร์ LabVIEW เข้ามาใช้งานมากขึ้นเนื่องจาก LabVIEW มีเทคโนโลยี Virtual Instrumentation เป็นการสร้างเครื่องมือเสมือนเพื่อการวัด วิเคราะห์ ทดสอบ และควบคุมแบบอัตโนมัติซึ่งจะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ รวมทั้งสถานะ การทำงานรูปคลื่นสัญญาณโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ภายนอกเพิ่ม

ในการเขียนโปรแกรมควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ จะใช้ชุดโปรแกรม LabVIEW ในการพัฒนา เนื่องจากสามารถสร้างอุปกรณ์วัดเสมือนจริงได้ ทำให้มีความสะดวกในการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากการทดลอง และแสดงผลออกมาได้ทันที พร้อมทั้งยังสามารถกำหนดหน้าตาของโปรแกรมได้อย่างอิสระ และคุันทันสมัย ง่ายต่อการใช้งาน เนื่องจากในชุดโปรแกรม LabVIEW มีอุปกรณ์สำเร็จรูปให้เลือกผู้พัฒนาได้เลือกใช้อย่างหลากหลาย

2.5.1 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม LabVIEW

การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม LabVIEW จุดประสงค์เพื่อวัดและแสดงผลข้อมูลจากการวัดความเร็วรอบของดีซีมอเตอร์ เพื่อเป็นการดูและตรวจสอบการควบคุมความเร็วรอบของดีซีมอเตอร์ให้เป็นไปตามความเร็วรอบที่กำหนด

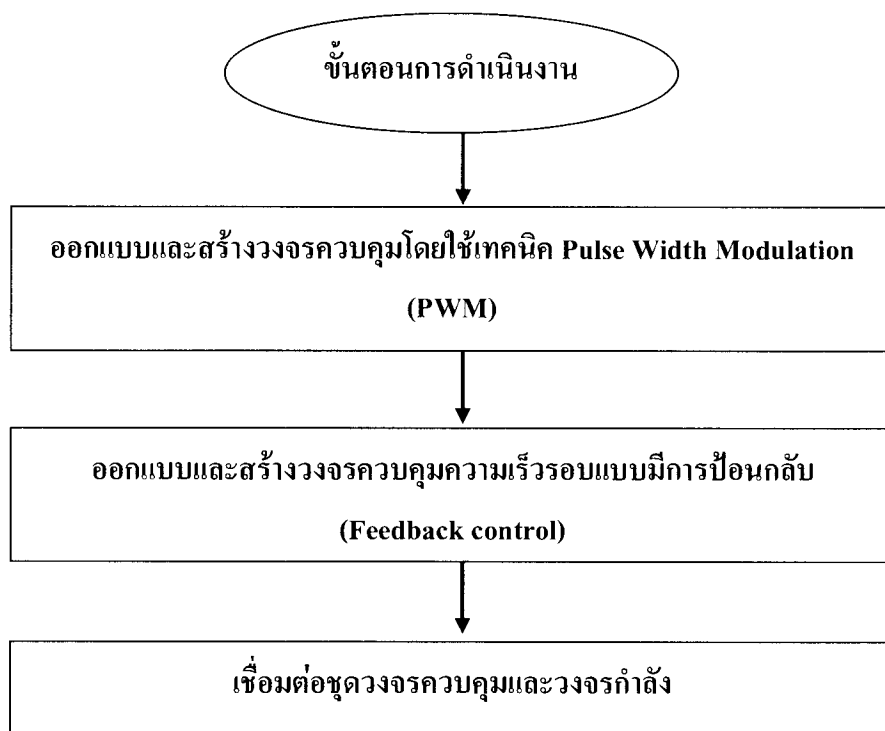


รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ LabVIEW

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

บทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานโดยจะนำทฤษฎีที่ได้ศึกษาในบทที่ 2 มาประยุกต์ใช้งาน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 3.1



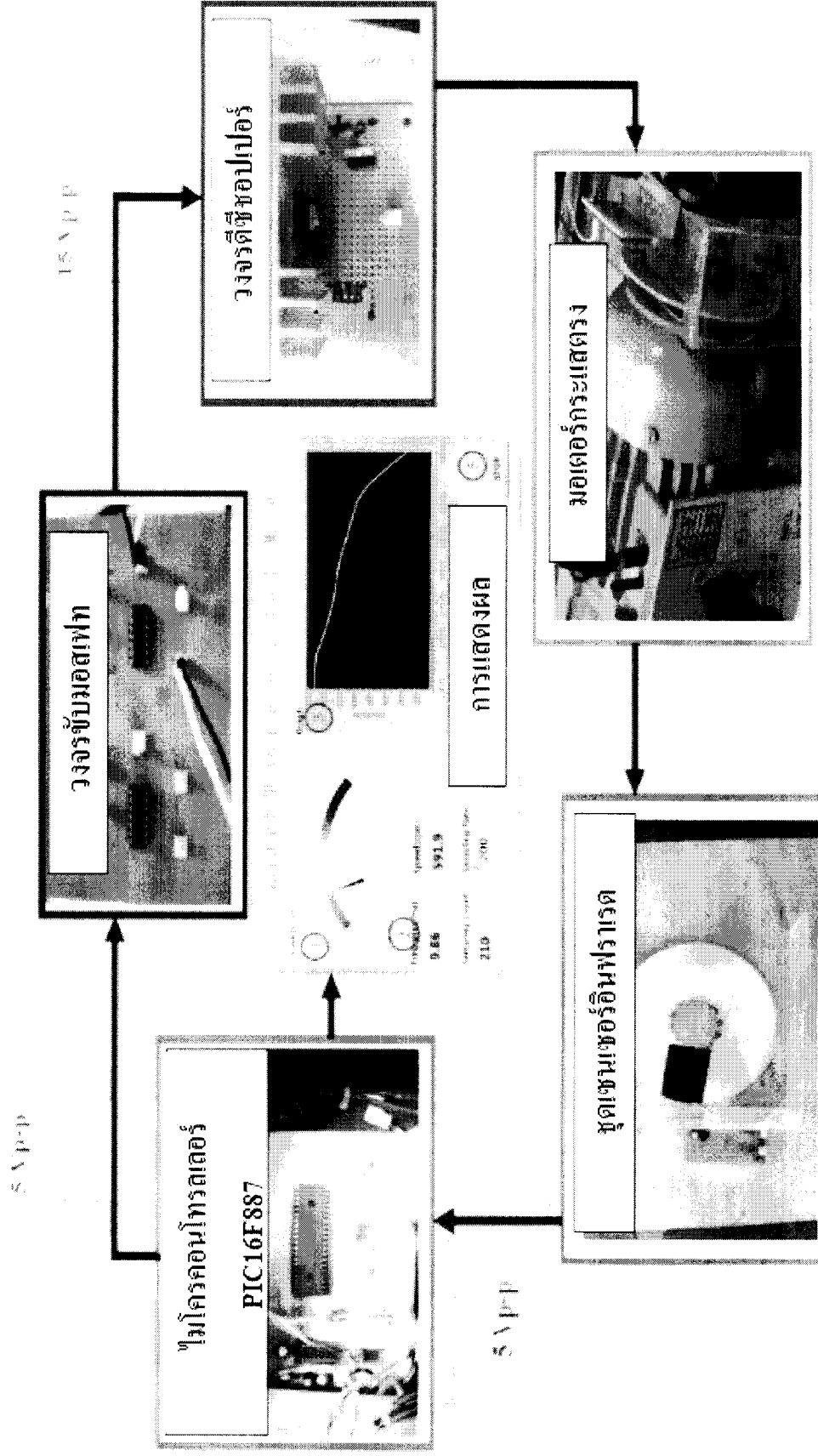
รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนของการดำเนินงาน

จากรูปที่ 3.1 เป็นรูปที่แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน โดยเริ่มจากออกแบบและสร้างวงจรควบคุมโดยใช้เทคนิค PWM จากนั้นออกแบบและสร้างวงจรควบคุมความเร็วรอบแบบมีการป้อนกลับและจากนั้นเชื่อมต่อชุดวงจรควบคุมและวงจรกำลัง โดยมีวิธีการในการดำเนินงานอย่างละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรง

ชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงนั้นประกอบไปด้วยวงจรต่างๆ ที่สำคัญดังรูปที่

3.2 บล็อกไดอะแกรมชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรง

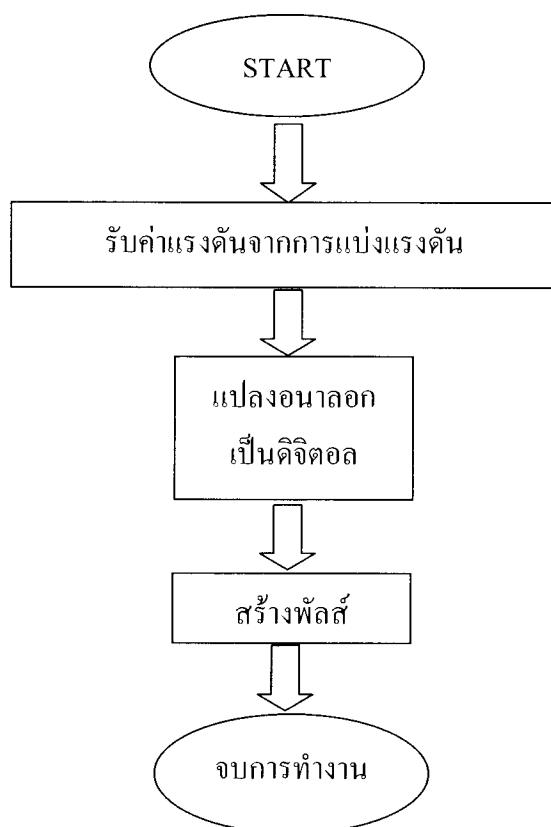


รูปที่ 3.2 บล็อก ไดอะแกรมชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรง

จากรูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมชุดควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงซึ่งเป็นการควบคุมแบบป้อนกลับโดยการป้อนค่าความเร็วรอบกลับมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 เพื่อประมวลผล และสั่งค่าจังหวะเวลาควบคุมความเร็วรอบให้คงที่ขณะที่โหลดมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

3.2 ส่วนของการสร้างสัญญาณพัลส์โดยใช้ PIC16F877

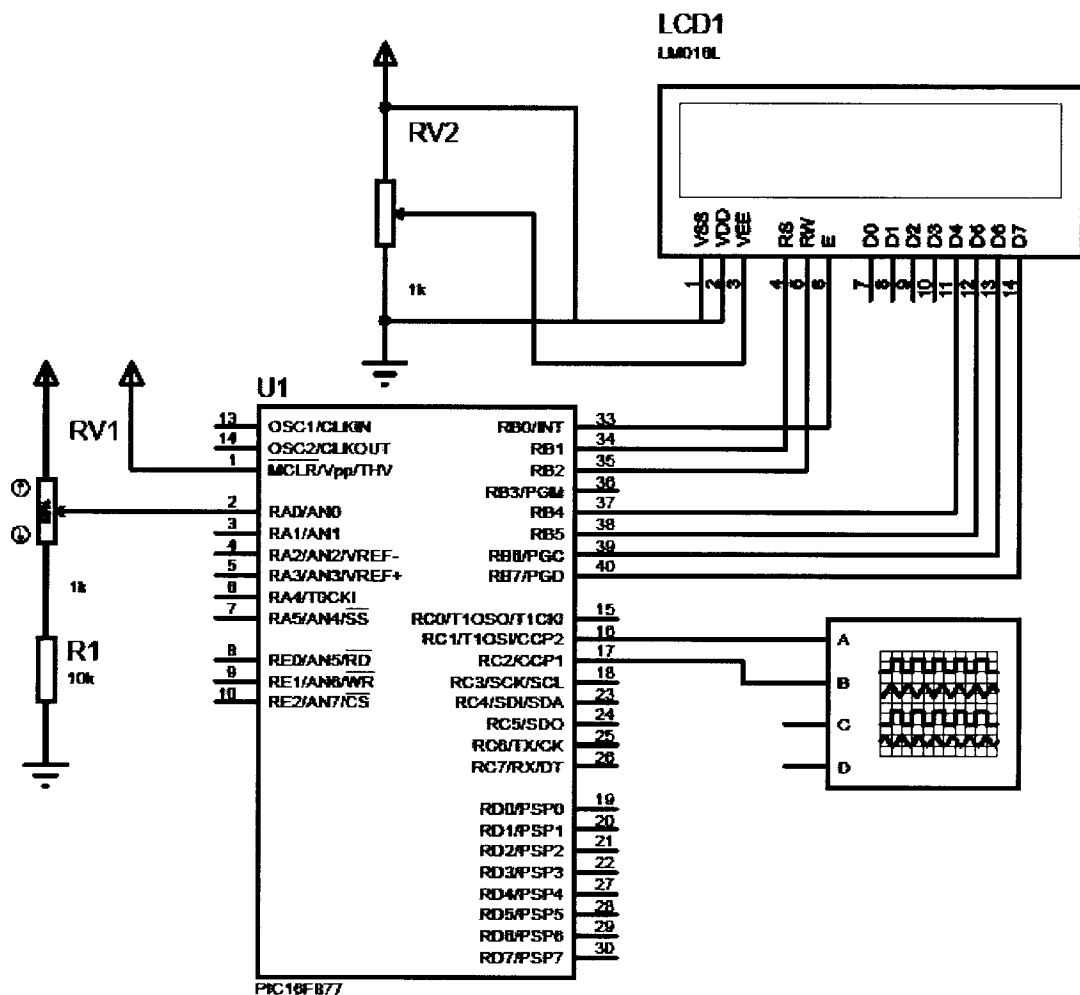
โครงงานนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ในการสร้างสัญญาณควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์และเป็นตัวตัดสินใจควบคุมการป้อนกลับโดยใช้เทคนิค PWM ซึ่งสัญญาณที่สร้างขึ้นใช้ในการทริกเพาเวอร์มอสเฟส IRFP 350A โดยที่สัญญาณที่สร้างขึ้นสามารถปรับจังหวะเวลาได้ ซึ่งสามารถแสดงไดอะแกรมการเขียนโปรแกรมได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 Flow Chart แสดงการสร้างพัลส์

จากรูปที่ 3.3 Flow Chart แสดงการสร้างพัลส์ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ในการควบคุมขาออกจังหวะเวลาของสัญญาณพัลส์โดยการเขียนโปรแกรมสร้างสัญญาณพัลส์ นั้นใช้ Timer2 ของ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งสามารถสร้างความถี่สูงสุดเท่ากับสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับ
 ไมโครคอนโทรลเลอร์ในที่นี้คือ 4 MHz การปรับค่าจังหวะเวลาของสัญญาณพัลส์ ขาออกนั้นอาจ
 ทำได้โดยการกำหนดคงที่หรืออาจจะปรับค่าจากค่าอนาลอกมาปรับค่าซึ่งเป็นการแบ่งแรงดันด้วย
 ตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาดแรงดันที่ปรับค่าได้นั้นคือสูงสุดเท่ากับ 5 V ถ้ามากกว่านี้จะทำให้
 ไมโครคอนโทรลเลอร์เสียหาย โดยต่อเข้ากับพอร์ต A/D ของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งถ้า
 ไมโครคอนโทรลเลอร์มี A/D จำนวน 8 บิตค่าที่ได้นั้นจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 – 255 ซึ่งเราสามารถนำ
 ค่านี้ไปประมวลผลและนำมาเป็นตัวปรับค่าจังหวะเวลาของสัญญาณพัลส์ได้ โดยการต่อวงจร
 ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นสามารถจำลองการทำงานได้โดยใช้โปรแกรม Proteus โดยพื้นฐานการ
 ต่อวงจรจำลองการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 มีดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2.1 ฟังก์ชันสร้างพัลส์ในโปรแกรม PIC C Compiler

การหาค่าความถี่ที่ต้องการสามารถคำนวณได้ด้วยสมการดังนี้

$$T_{PWM} = T_{osc} \times 4 \times t_{2div} \times (p+1) \quad (3.1)$$

$$p = \frac{T_{PWM}}{T_{osc} \times 4 \times t_{2div}} - 1 \quad (3.2)$$

$$T_d = \frac{T_{osc} \times \text{Duty c}}{100} \quad (3.3)$$

$$\text{value} = \frac{T_d \times f_{osc}}{t_{2div}} \quad (3.4)$$

- เมื่อ T_{PWM} คือ คาบเวลาของสัญญาณพัลส์
 T_{osc} คือ คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
 t_{2div} คือ ค่า Prescaler ของ Timer 2
 p คือ มีค่า 0 - 255 (คาบเวลาเพื่อ Reset สัญญาณนาฬิกา Timer2)
 T_d คือ คาบเวลาของจังหวะเวลา
 value คือ ค่าตัวแปรหรือค่าคงที่ขนาด 8 หรือ 16 บิต
 Duty Cycle คือ ค่าจังหวะเวลาที่ต้องการ

การใช้ฟังก์ชัน `set_pwm1_duty (value);` และ `set_pwm2_duty (value);` คือการเขียนโค้ดภาษา C เพื่อสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างสัญญาณพัลส์ ออกที่พอร์ต CCP1 และพอร์ต CCP2

ตัวอย่างที่ 3.1 การคำนวณเพื่อใช้ผลิตความถี่ 10 kHz เมื่อใช้ ความถี่สัญญาณนาฬิกา (XTAL) = 4MHz $t_{2div} = 4$ และ Duty cycle = 50%

$$T_{PWM} = 2.5 \times 10^{-7} \times 4 \times 4 \times 128 = 512 \mu\text{s}$$

$$p = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2.5 \times 10^{-7} \times 4 \times 4} = 25$$

$$T_d = \frac{0.1 \times 10^{-3} \times 50}{100} = 50 \mu\text{s}$$

$$\text{value} = \frac{50 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^6}{4} = 50$$

ดังนั้นจะต้องเขียนโค้ดดังนี้

```
set_pwm1_duty (50);
set_pwm2_duty (50);
```

ซึ่งจะได้ว่าพอร์ต CCP1 และพอร์ต CCP2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 สร้างสัญญาณพัลส์ ซึ่งมีความถี่เท่ากับ 10 kHz และค่าจังหวะเวลาเท่ากับ 50 % ดังนั้นผู้พัฒนาสามารถกำหนดค่าความถี่และค่าจังหวะเวลาที่ต้องการจากนั้นคำนวณดังกล่าวข้างต้นเพื่อหาค่า value เพื่อใช้ในการกำหนดในฟังก์ชันสร้างสัญญาณพัลส์ ซึ่งรูปแบบการเขียนโค้ดภาษา C สามารถดูได้จากตัวอย่างที่ 3.2

ตัวอย่างที่ 3.2 โปรแกรมภาษาซีเขียนโดยใช้ PIC C Compiler

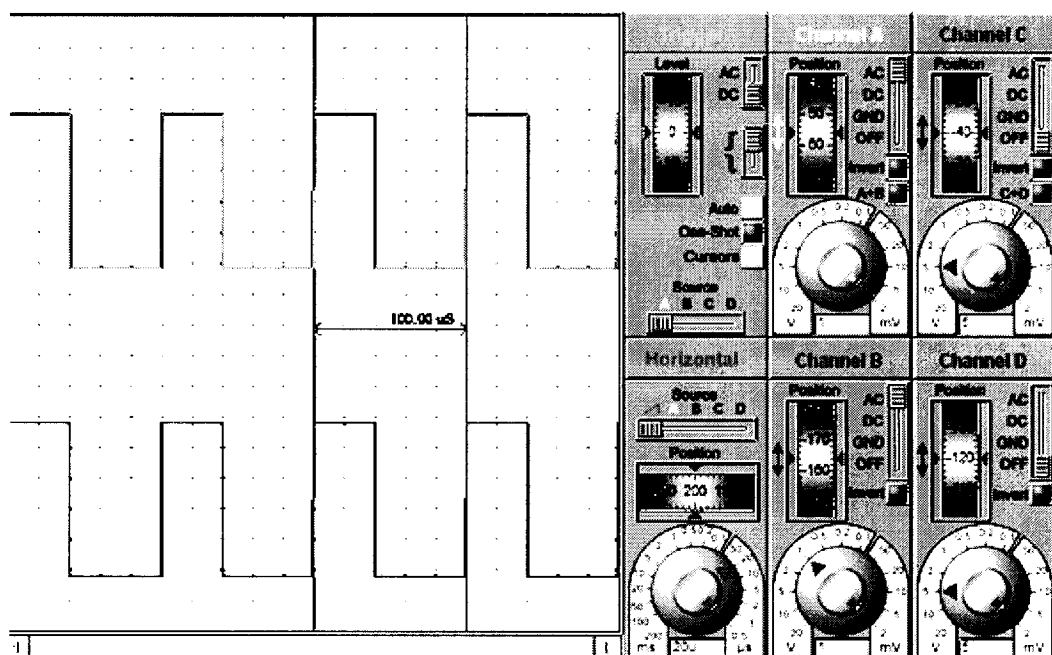
```

////////////////////////////////////////////////////////////////
void main(){ //ฟังก์ชันหลัก
unsigned value; //ประกาศตัวแปรชื่อ value
setup_ccp1(CCP_PWM); //Setup พอร์ต CCP1
setup_ccp2(CCP_PWM); //Setup พอร์ต CCP2
setup_timer_2(T2_DIV_BY_4, 25,1); //Setup Timer2
set_pwm1_duty(500); //Setup PWM ให้พอร์ต CCP1
set_pwm2_duty(500); //Setup PWM ให้พอร์ต CCP2
////////////////////////////////////////////////////////////////

```

3.2.2 จำลองการทำงานสร้างพัลส์โดยใช้ Proteus

การทดลองเขียนโปรแกรมสร้างสัญญาณพัลส์ ตามรูปวงจรรูปที่ 3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งการทดลองวัดค่าสัญญาณนั้นใช้ออสซิลโลสโคปในโปรแกรม Proteus วัดสัญญาณที่พอร์ต CCP1 และพอร์ต CCP2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 3.5



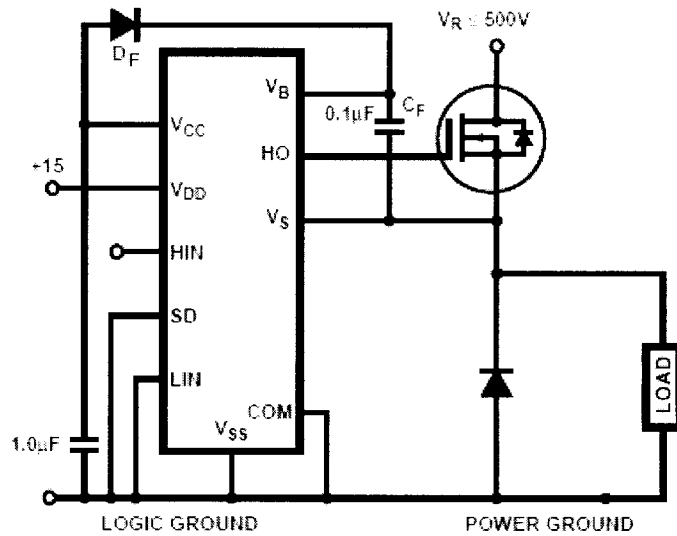
รูปที่ 3.5 การจำลองสร้างพัลส์โดยใช้ Proteus

จากรูปที่ 3.4 เป็นการจำลองการสร้างพัลส์โดยใช้โปรแกรม Proteus จำลองการทำงาน ซึ่งเมื่อวัดคาบของสัญญาณที่สร้างขึ้น ได้ค่าเท่ากับ $100 \mu\text{s}$ สามารถคำนวณหาความถี่ได้ดังนี้

$$\text{ความถี่ที่สร้างขึ้น} = \frac{1}{100 \mu\text{s}} = 10 \text{ kHzs}$$

3.3 วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต

วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตใช้ไอซีขับเบอร์ IR2110 จุดประสงค์เพื่อใช้สัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีแรงดัน $5 V_{pp}$ จุดฉนวนให้แรงดันขาออกของวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตมีแรงดันขาออกเท่ากับแรงดันขาเข้า $15 V_{pp}$ ซึ่งเหมาะสมต่อการใช้ขับมอสเฟต สัญญาณพัลส์ที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถปรับค่าจังหวะเวลาได้ เมื่อเข้าวงจรขับเกตนั้นสัญญาณที่ออกจะต้องมีค่าจังหวะเวลาเท่ากับที่สร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งข้อดีของไอซีเบอร์ IR2110 คือไม่ทำให้จังหวะเวลาของพัลส์เปลี่ยนไป และสามารถปรับสัญญาณพัลส์ได้ตั้งแต่ $10 - 20 V$ กระแสไฟสูงสุด $2 A$ ซึ่งเพียงพอต่อการขับมอสเฟต โดยที่ไม่ทำให้มอสเฟตเกิดความเสียหาย นอกจากนี้แล้ววงจรการต่อใช้งานไม่ซับซ้อนทำให้ใช้งานง่าย โอกาสเกิดข้อผิดพลาดต่อวงจรน้อย และด้วยความไม่ซับซ้อนของวงจรการต่อใช้งานวงจรขับมอสเฟต ซึ่งเมื่อเกิดปัญหาจะทำให้สามารถแก้ไขวงจรให้สามารถกลับมาใช้งานอีกได้ง่าย

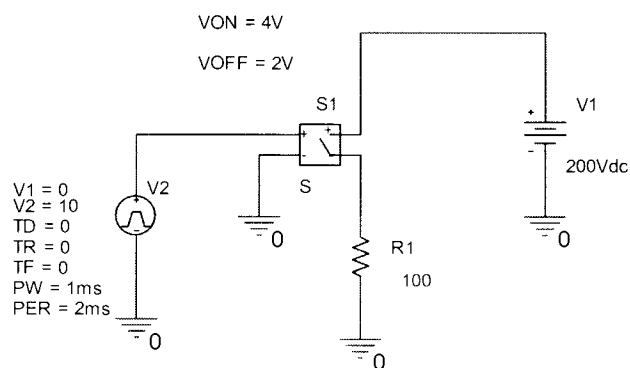


รูปที่ 3.6 วงจรขับมอสเฟทไอซี IR2110

จากรูปที่ 3.6 วงจรขับมอสเฟทไอซี IR2110 แรงดันขาออกเพื่อขับมอสเฟทมีค่าเท่ากับ 15 V_{pp} เท่ากับไฟเลี้ยงของไอซี IR2110

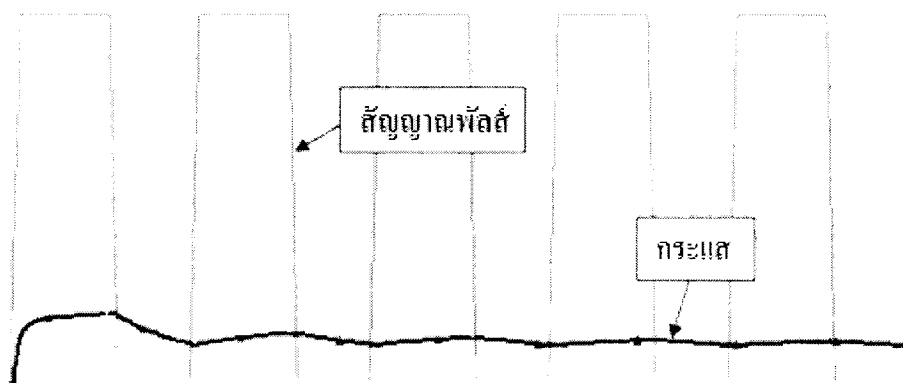
3.4 วงจรดีซีชอปเปอร์

จำลองการทำงานของวงจรโดยใช้โปรแกรม Pspice โดยการทดลองปรับค่าจังหวะเวลาที่ค่าต่างๆ จากนั้นสังเกตและบันทึกกระแสและแรงดันขาออก ซึ่งการทดลองนี้ใช้สวิตช์แทนมอสเฟทกำลังและทดลองจ่ายโหลดตัวต้านทาน

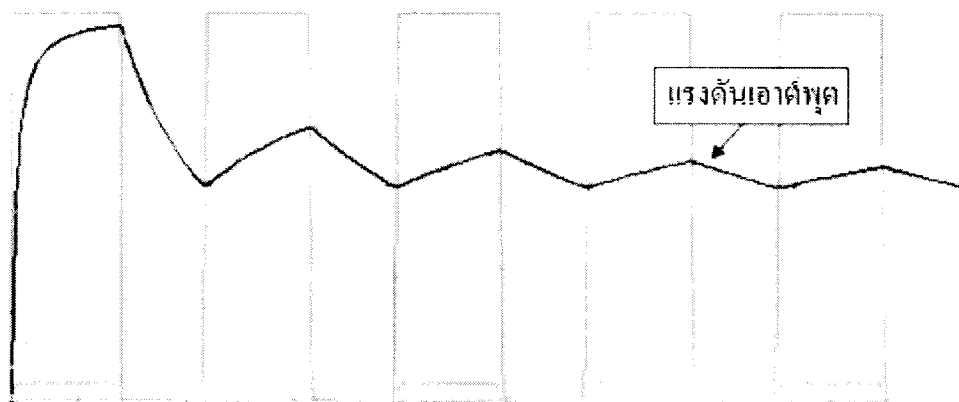


รูปที่ 3.7 วงจรดีซีชอปเปอร์

จากรูปที่ 3.7 เป็นการจำลองการทำงานของวงจรดีซีชอปเปอร์ โดยแทนสวิตช์ S ด้วยมอสเฟทกำลังและจำลองการจ่ายโหลดตัวต้านทานซึ่งขาออกที่ได้ดังนี้



รูปที่ 3.8 กระแสขาออก



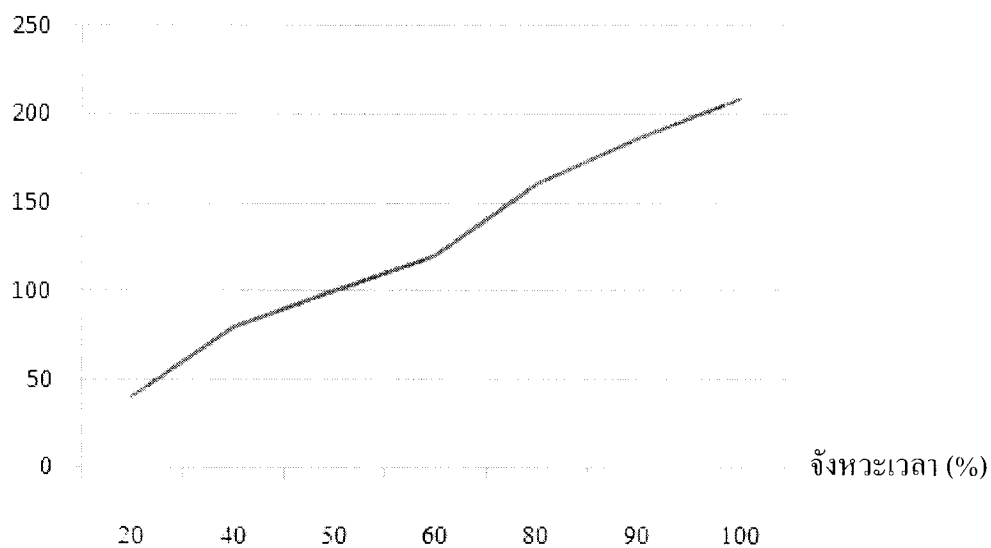
รูปที่ 3.9 แรงดันขาออก

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงค่าแรงดันและกระแสขาออก

จังหวะเวลา (%)	กระแสขาออก (A)	แรงดันขาออก (V)
20	0.4021	40.0019
40	0.7912	79.8549
60	1.1983	119.9985
80	1.6450	161.0101
100	2.245	209.1057

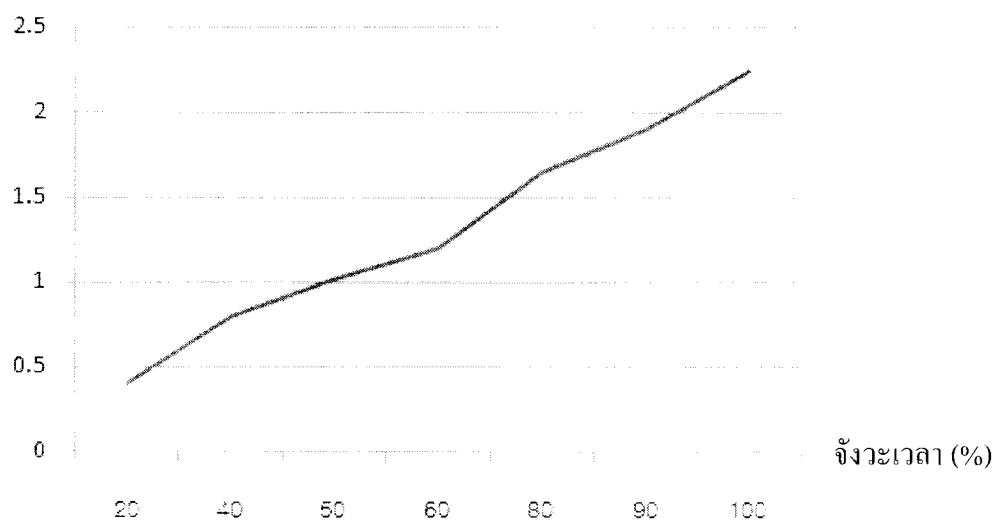
จากตารางบันทึกผลการทดลองปรับค่าจังหวะเวลา เพื่อสังเกตผลของแรงดันและกระแสซึ่งสามารถพิจารณาได้จากกราฟดังนี้

แรงดันขาออก



รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับจังหวะเวลา

กระแสขาออก



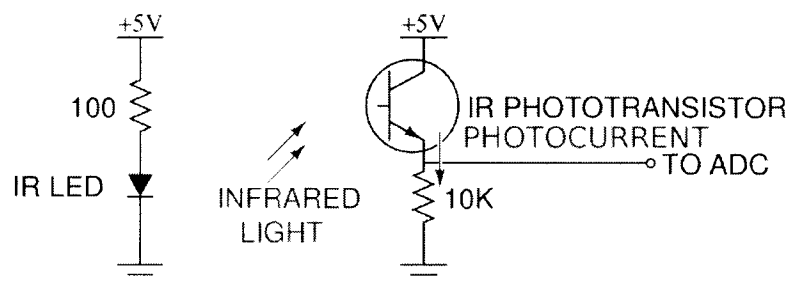
รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสขาออกกับจังหวะเวลา

จากรูปที่ 3.9 และรูปที่ 3.10 จะเห็นได้ว่าทั้งแรงดันและกระแสจะแปรผันตรงอยู่กับค่าจังหวะเวลาซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีวงจรถิซชอปเปอร์ตามสมการดังนี้

$$V_o = V_i \times D \quad (3.5)$$

3.5 การออกแบบวงจรอินฟราเรดเซนเซอร์

จุดประสงค์ของการออกแบบวงจรอินฟราเรดเซนเซอร์ คือเพื่อใช้วัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงซึ่งการวัดค่าความเร็วรอบนั้นมีความสำคัญมาก สำหรับโครงการนี้ใช้ค่าความเร็วรอบที่วัดจากอินฟราเรดเซนเซอร์ในการป้อนกลับไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 เพื่อประมวลผลปรับค่าจังหวะเวลาเพื่อควบคุมความเร็วรอบให้คงที่ขณะที่โหลดของมอเตอร์มีการเปลี่ยนแปลง ชุดเซนเซอร์วัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์นั้นประกอบด้วยตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดและตัวรับสัญญาณอินฟราเรด ซึ่งตัวรับจะทำงานก็ต่อเมื่อมีแสงอินฟราเรดมาตกกระทบด้วยคุณสมบัติการสะท้อนกลับได้ดีกับวัสดุที่เป็นสีขาว และสะท้อนกลับได้แย่มากกับวัสดุที่เป็นสีดำของอินฟราเรด ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยการติดแถบขาวดำที่โรเตอร์ของมอเตอร์ และติดอินฟราเรดเซนเซอร์วางขนานกับโรเตอร์ สัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์จะเป็นพัลส์ ในการแปลงค่าเป็นความเร็วรอบนั้นจะใช้หลักการตรวจจับความถี่ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 เมื่อได้ค่าความถี่แล้วคูณด้วย 60 ก็จะได้ค่าความเร็วรอบเป็นรอบต่อนาที ซึ่งชุดเซนเซอร์มีรูปแบบการต่อวงจรดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.12 การต่อวงจรอินฟราเรดเซนเซอร์

จากรูปที่ 3.11 การต่อวงจรอินฟราเรดเซนเซอร์จะเห็นว่าเมื่อมีสัญญาณอินฟราเรดมาตกกระทบตัวรับสัญญาณเอาต์พุตเท่ากับ 5 V และเมื่อไม่มีสัญญาณอินฟราเรดมาตกกระทบตัวรับสัญญาณขาออกเท่ากับ 0 V

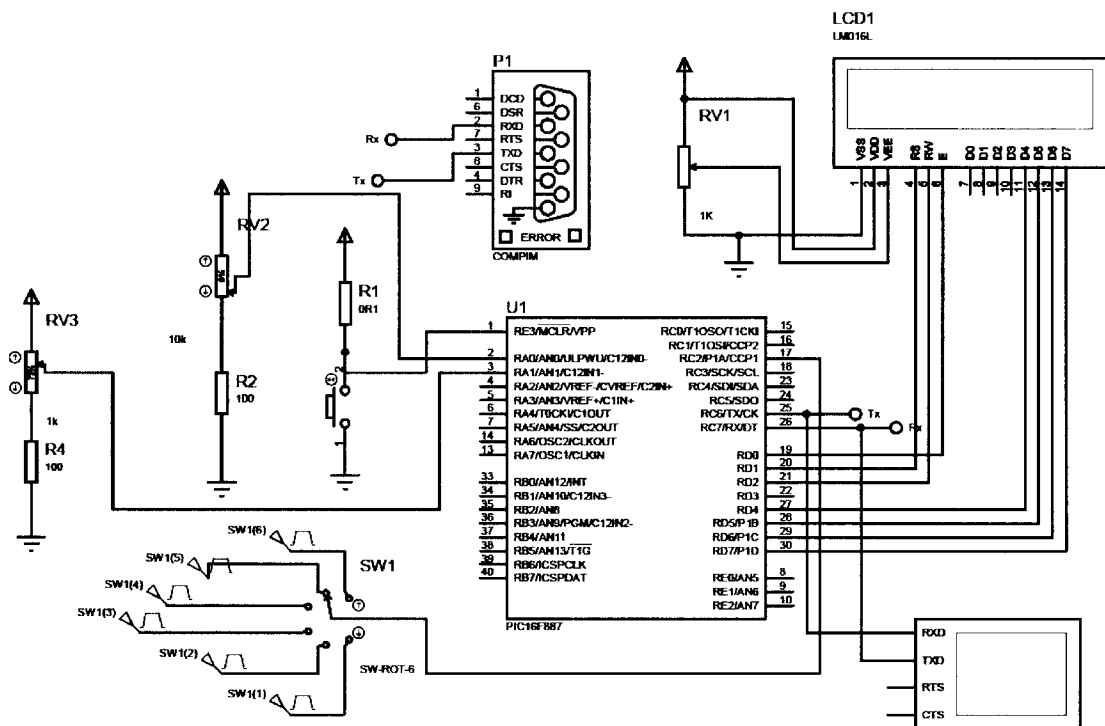
3.6 การจำลองการเชื่อมต่อ PIC16F877 กับโปรแกรม LabVIEW

การเชื่อมต่อ PIC16F877 กับโปรแกรม LabVIEW จุดประสงค์เพื่อแสดงผลค่าต่างๆ ดังนี้ ค่าความเร็วรอบ และค่าจังหวะเวลา ซึ่งค่าเหล่านี้มีความสำคัญมากในการเป็นตัวแปรในการควบคุม

ความเร็วรอบดีซีมอเตอร์ ดังนั้นการแสดงผลตัวแปรเหล่านี้ทำให้สามารถรู้ได้ว่าความเร็วรอบของมอเตอร์มีค่าเข้าใกล้หรือเท่ากับค่าความเร็วรอบที่เรากำหนดไว้

3.6.1 การออกแบบวงจร PIC16F877 เพื่อใช้เชื่อมต่อกับโปรแกรม LabVIEW

การเชื่อมต่อระหว่าง PIC16F877 กับ LabVIEW นั้นเชื่อมต่อผ่านพอร์ต Tx Rx ผ่านไอซี Max232 จากนั้นผ่านโปรแกรม Tera Term จากนั้นเข้า LabVIEW ดังรูปที่ 3.13

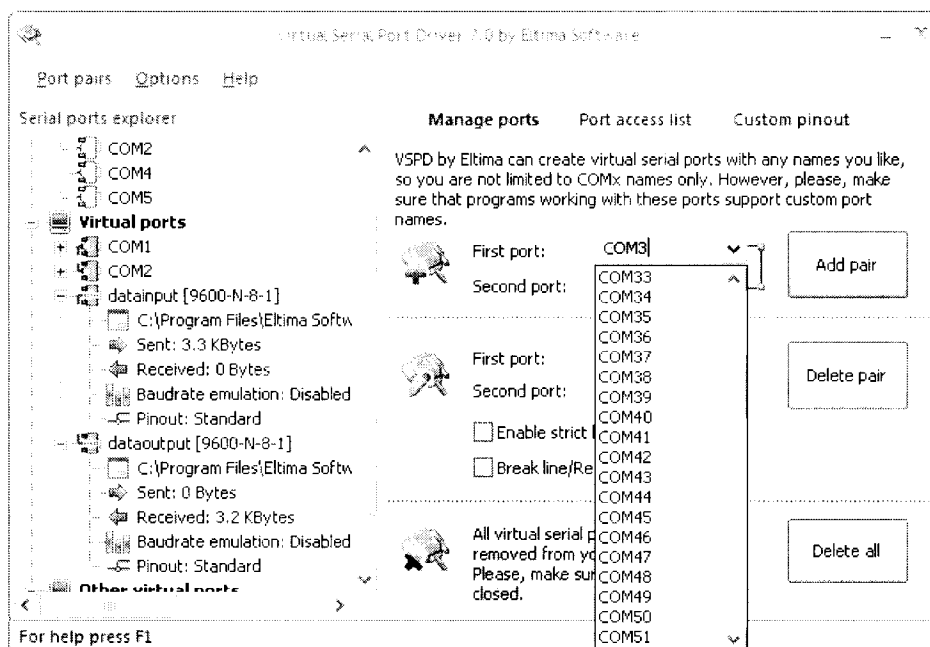


รูปที่ 3.13 ออกแบบวงจร PIC16F877 เพื่อจำลองเชื่อมต่อกับ LabVIEW

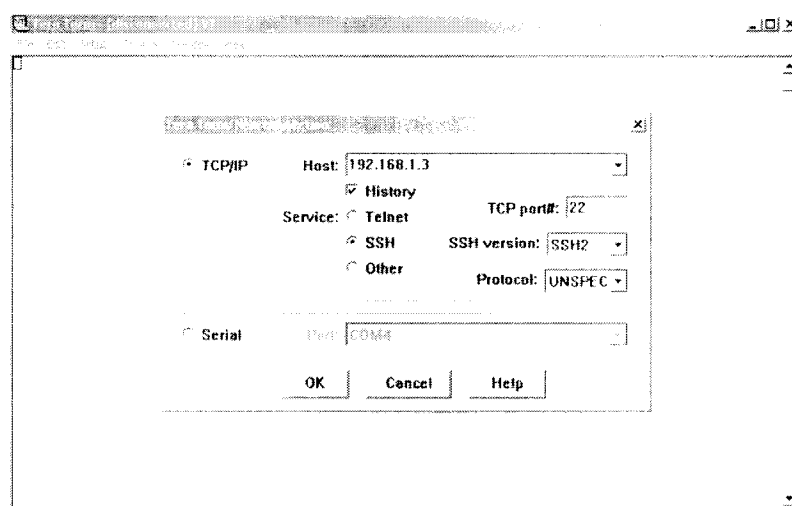
จากรูปที่ 3.12 ออกแบบวงจร PIC16F877 เพื่อจำลองเชื่อมต่อกับ LabVIEW การจำลองการทำงานนั้นมีความสำคัญมาก ถ้าจำลองการทำงานแล้วเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เป็นไปได้ 90 % ถ้าทำแผ่นปริ๊นลายวงจรผลที่ได้จะเป็นไปตามที่จำลองในคอมพิวเตอร์ ซึ่งในวงจรดังกล่าวเป็นวงจรที่ใช้จำลองการติดต่อระหว่างโปรแกรม Proteus และ โปรแกรม LabVIEW ผ่านพอร์ตอนุกรม

3.6.2 โปรแกรม Configure Virtual Serial Port Driver และโปรแกรม Tera Term

โปรแกรม Configure Virtual Serial Port Driver เป็นโปรแกรมจำลองคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.14 และโปรแกรม Tera Term ดังรูปที่ 3.15 เป็นโปรแกรมติดต่อกับฮาร์ดแวร์ผ่าน Uart เพื่อให้ Proteus และ โปรแกรม Configure Virtual Serial Port Driver ให้ตรงกันจึงจะสามารถ เชื่อมต่อกัน ได้ซึ่งกำหนดดังนี้ Baud rate = 9600 Data = 8 bit เป็นต้น



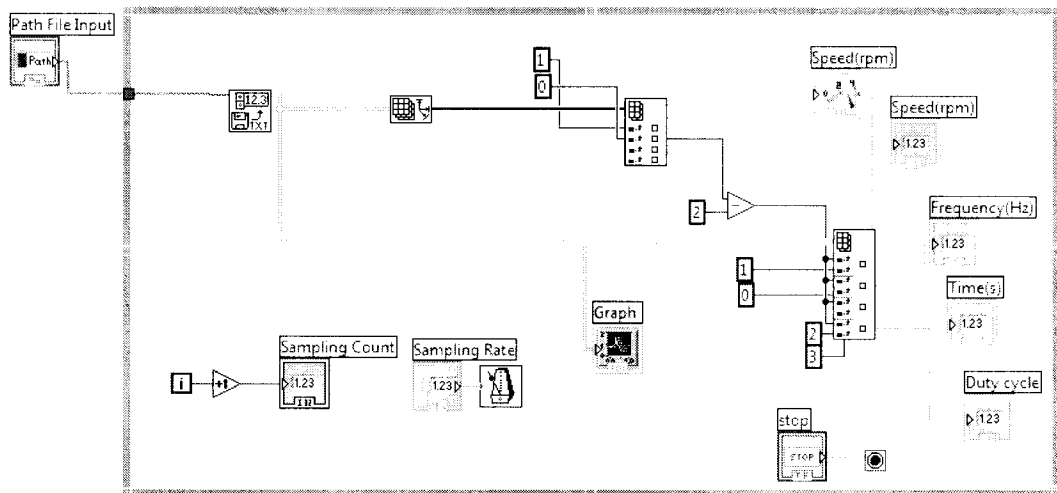
รูปที่ 3.14 โปรแกรม Configure Virtual Serial Port Driver



รูปที่ 3.15 โปรแกรม Tera Term

3.7 การออกแบบหน้าจอแสดงผลและติดต่อกับผู้ใช้งานด้วยโปรแกรม LabVIEW

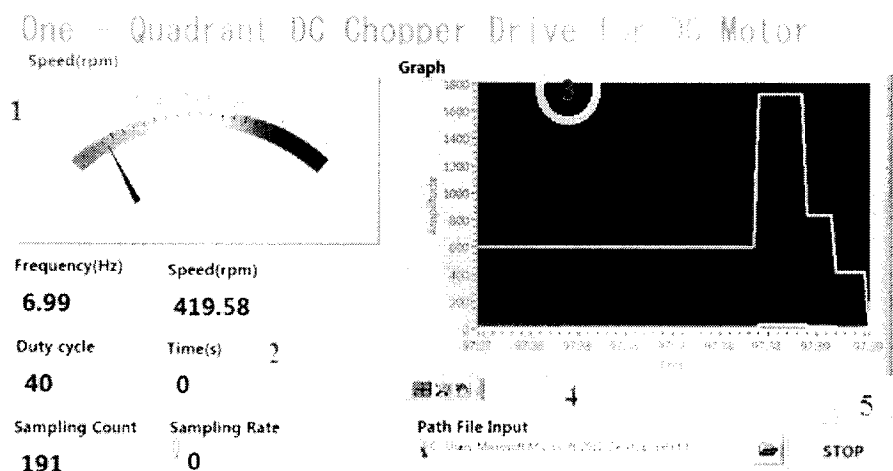
เนื่องด้วยส่วนของการแสดงผลหรือการติดต่อกับผู้ใช้งานเป็นส่วนที่สำคัญมากซึ่งจะทำให้การควบคุมความเร็วรอบได้ดียิ่งขึ้น โดยจะทำให้ทราบถึงความเร็วรอบจริงขณะนั้นซึ่งแสดงผลเป็นกราฟและเก็บหรือบันทึกค่าความเร็วรอบเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป



รูปที่ 3.16 ออกแบบโปรแกรมส่วนของ Front Panel

3.7.1 อธิบายส่วนต่างๆ ของโปรแกรม

ส่วนของการแสดงผลค่าความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงนั้นออกแบบโดยใช้โปรแกรม LabVIEW ซึ่งมีลักษณะการใช้งานดังรูปที่ 3.16 แสดงส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรมแสดงผล



รูปที่ 3.17 ส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรมแสดงผล

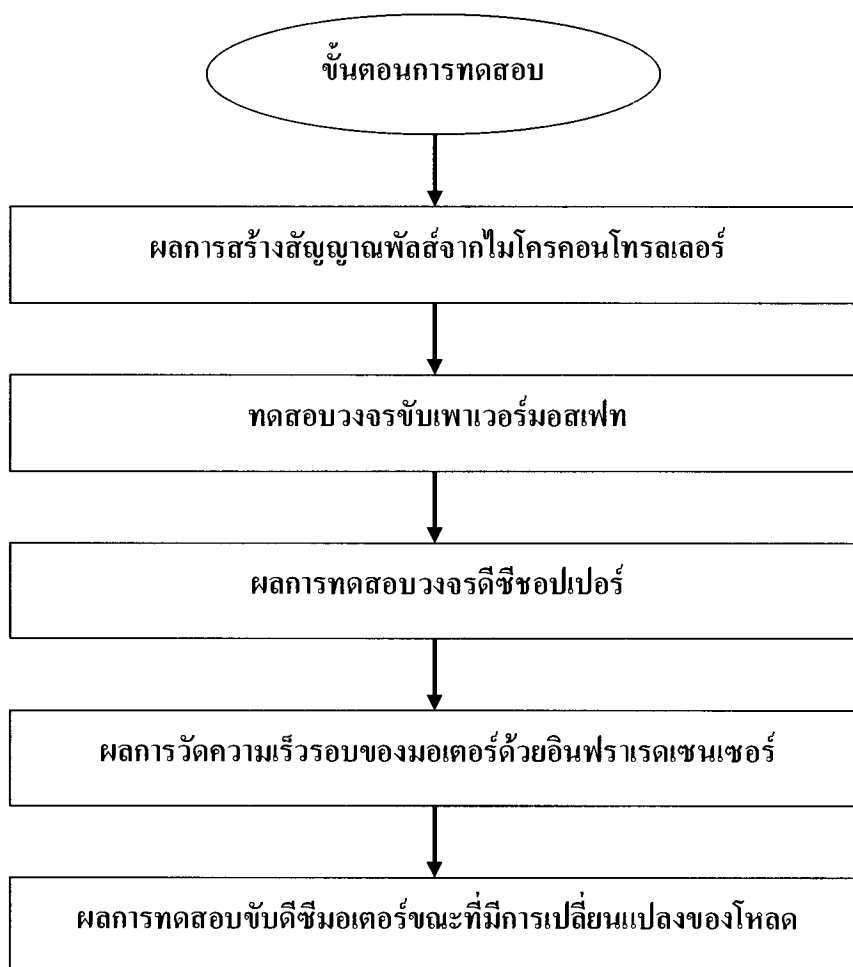
จากโปรแกรมที่แสดงผลมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. มิเตอร์แสดงผลความเร็วรอบในหน่วยรอบต่อวินาที
2. ส่วนของการแสดงผลเป็นตัวเลข
 - Frequency (Hz) ความถี่สัญญาณพัลส์วัดความเร็วรอบจากอินฟราเรดเซนเซอร์
 - Speed (rpm) ความเร็วรอบ
 - Duty Cycle แสดงค่าจังหวะเวลาเนื่องจากการควบคุมความเร็วรอบ
 - Time (s) เวลาจับเวลาเพื่อเป็นเงื่อนไขการควบคุมความเร็วรอบของดีซีมอเตอร์
 - Sampling Count จำนวนรอบของการรับค่ามาแสดงผลโดยดึงค่าจาก PIC16F877
 - Sampling Rate กำหนดความเร็วของการดึงค่าจาก PIC16F877 เพื่อนำมาแสดงผล
3. กราฟความเร็วรอบของมอเตอร์
4. ส่วนของการบันทึกข้อมูล
5. ปุ่มหยุด เพื่อหยุดการทำงานของโปรแกรม

บทที่ 4

ผลการทดลองและผลการศึกษา

บทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองโดยจะนำวงจรต่าง ๆ จากบทที่ 3 มาทำการทดสอบให้ทำงานร่วมกัน และทำการทดสอบวงจรที่สร้างขึ้นเองกับชุดทดลองในห้องปฏิบัติการ จากนั้นนำผลการทดสอบที่ได้มาเปรียบเทียบกันซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบและรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้ ขั้นตอนการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทดสอบ

4.1 ผลการสร้างสัญญาณพัลส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์ไปจุดชนวนวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟส

4.1.2 ขั้นตอนการทดสอบ

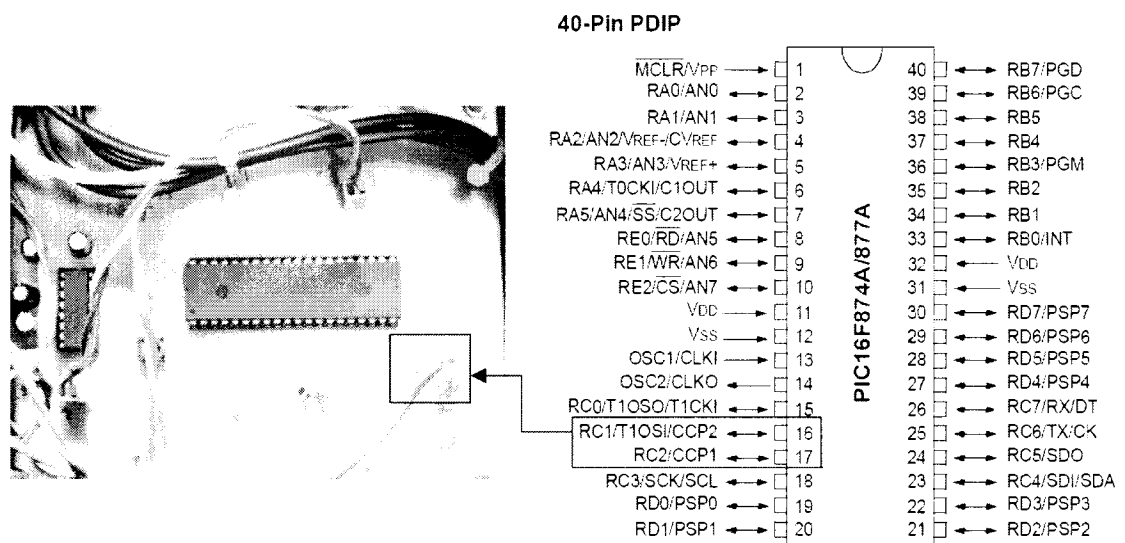
4.1.2.1 เขียนโปรแกรมเพื่อสร้างสัญญาณพัลส์ จากไมโครคอนโทรลเลอร์

PIC16F887 โดยใช้โปรแกรมภาษาซีเขียนโดยใช้ PIC C Compiler

4.1.2.2 ทำการบันทึกโปรแกรมที่สร้างสัญญาณพัลส์ โดยสมบูร์นแล้วไปยัง

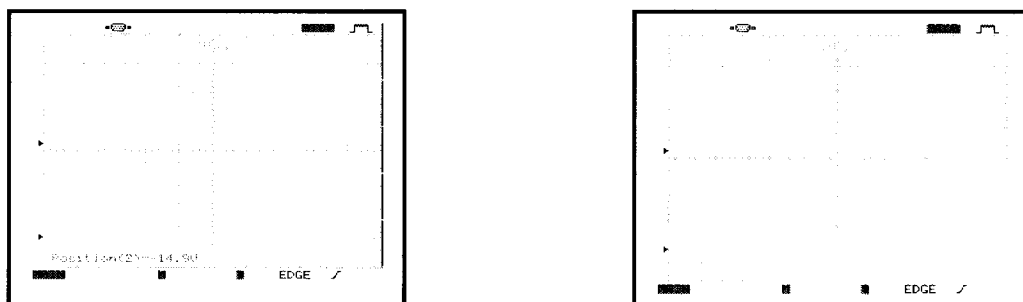
ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 เพื่อทำการทดสอบสัญญาณ

4.1.3 จุดวัดสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.2 จุดวัดสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1.4 วัดสัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์



(ก) CH1 47% (บน) CH239% (ล่าง)

(ข) CH1 23% (บน) CH2 64% (ล่าง)

รูปที่ 4.3 สัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ปรับจังหวะเวลาตั้งแต่ 0 -100%

4.1.5 สรุปผลการทดสอบ

ผลของการสร้างสัญญาณพัลส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถปรับจังหวะเวลาได้ตั้งแต่ 0 - 100% มีแรงดันขาออก $5 V_{pp}$ ความถี่ 10 kHz เหมือนกับผลการจำลองจากบทที่ 3 ที่จำลองการสร้างพัลส์จากโปรแกรม

4.2 ผลของวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต (IR 2110)

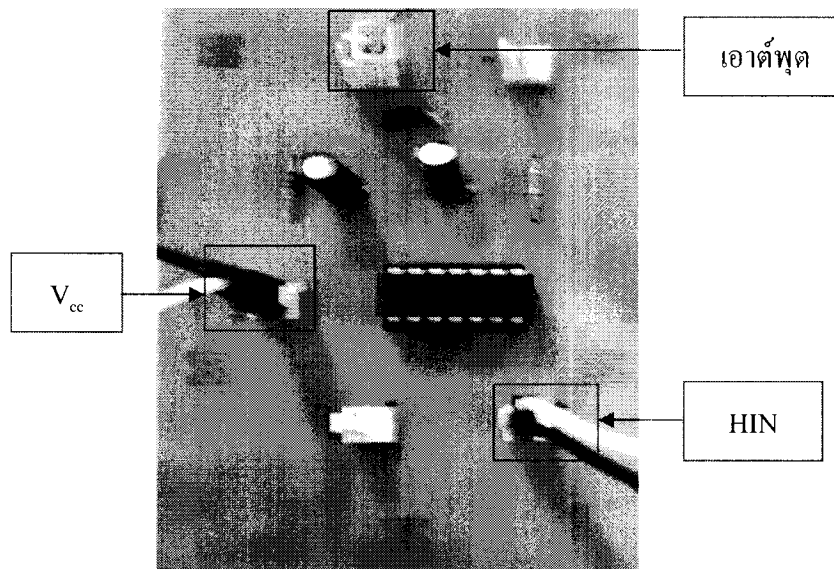
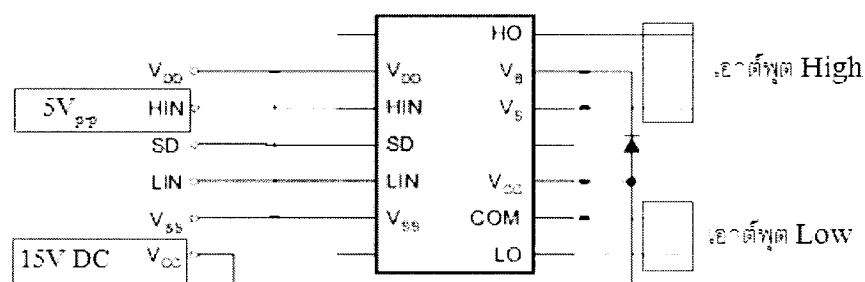
4.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อใช้สัญญาณแรงดัน $5 V_{pp}$ จากไมโครคอนโทรลเลอร์จุดฉนวนให้แรงดันขาออกมีค่าเท่ากับแรงดันขาเข้าของวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต

4.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

4.2.2.1 ตัวอย่างวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตดังรูปที่ 4.4

Typical Connection IR2110



รูปที่ 4.4 วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต

4.2.2.2 ปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง V_{cc} ตั้งแต่ 10 V DC ถึง 15 V DC เป็นดัง

ตารางที่ 4.1 พร้อมป้อนสัญญาณ 5 V_{p-p} จากไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 4.4

4.2.2.3 วัดสัญญาณขาออกของวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต

4.2.3 ผลการวัดสัญญาณที่ได้จากวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต

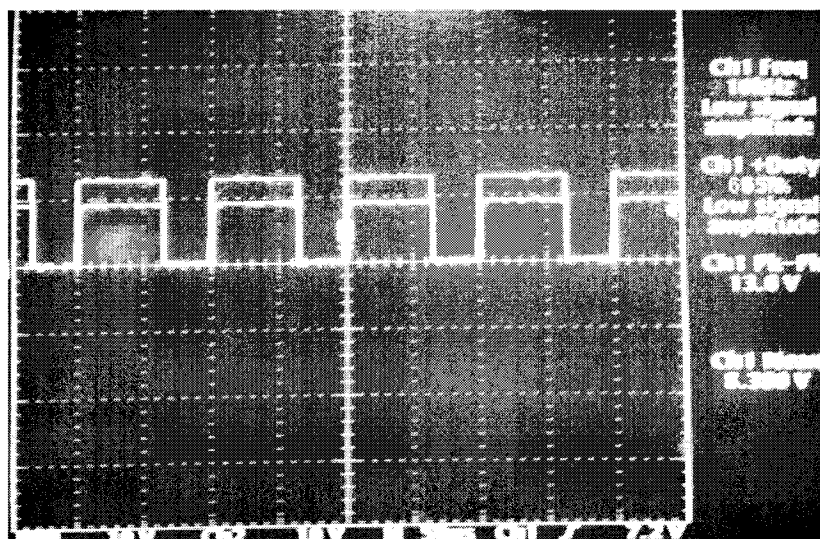
สัญญาณที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.1 ผลการทดลองปรากฏว่า สัญญาณขาออกมีแรงดันเพิ่มขึ้นตามแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนให้กับ IR2110

ตารางที่ 4.1 ตารางผลการปรับแรงดันวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต

วัดสัญญาณขาเข้า				วัดสัญญาณขาออก		
แรงดันแหล่งจ่าย (V _{p-p})	สัญญาณ (V _{p-p})	จังหวะเวลา (%)	ความถี่ (kHz)	สัญญาณ (V _{p-p})	จังหวะเวลา (%)	ความถี่ (kHz)
10	5	67.98	10	10.1	66.5	10
11	5	67.98	10	11.3	66.5	10
12	5	67.98	10	11.8	66.5	10
13	5	67.98	10	12.7	66.5	10
14	5	67.98	10	13.6	66.5	10
15	5	67.98	10	14.9	66.5	10

4.2.4 สรุปผลการทดสอบ

ผลการทดลองวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต สามารถที่จะปรับตามจังหวะเวลาที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์และมีแรงดันปรับสูงขึ้นจาก 5 V_{p-p} เป็น 15 V_{p-p} ความถี่เป็น 10 kHz ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 สัญญาณพัลส์จากวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต

วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตได้รับสัญญาณขาเข้าจากสัญญาณพัลส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ 5 V_{pp} ความถี่ 10 kHz และแรงดันจากแหล่งจ่าย 15 V DC และแรงดันขาออกที่ได้มีค่าเท่ากับแหล่งจ่าย ซึ่งความถี่และจังหวะเวลาที่ได้เป็นไปตามสัญญาณพัลส์ที่สร้างขึ้นจากไมโครคอนโทรลเลอร์

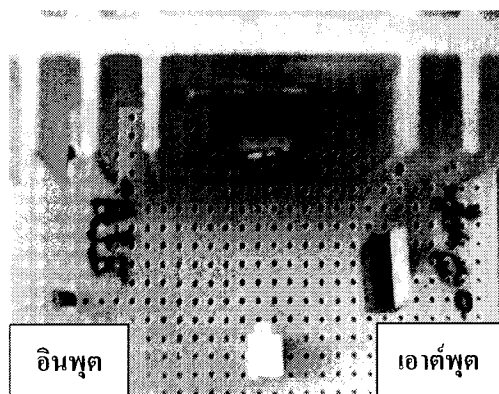
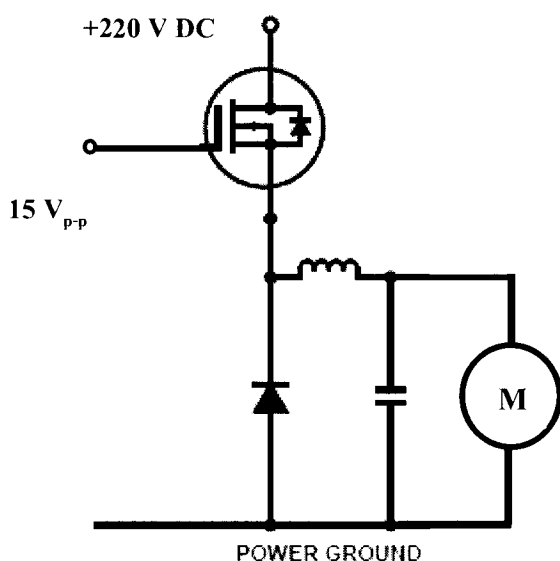
4.3 ผลการทดสอบวงจรดีซีชอปเปอร์

4.3.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการปรับแรงดันขาออกของวงจรดีซีชอปเปอร์ด้วยการปรับจังหวะเวลา

4.3.2 ขั้นตอนการทดสอบ

4.3.2.1 ต่อวงจรดังรูปที่ 4.6 เพื่อทดสอบแรงดันขาออก และการทำงานของวงจร



(ก) วงจรดีซีชอปเปอร์

(ข) วงจรดีซีชอปเปอร์ที่สร้างขึ้น

รูปที่ 4.6 การต่อวงจรดีซีชอปเปอร์เพื่อทดสอบแรงดันขาออก

4.3.2.2 ป้อนสัญญาณแรงดันจากวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต 15 V_{pp} ที่ขาเกตเพื่อปรับจังหวะเวลา

4.3.2.3 ปรับจังหวะเวลาตามตารางที่ 4.2 วัดค่าแรงดันขาออกและกระแสขาออก

4.3.3 ผลการทดลอง

ผลการทดลองปรับจังหวะเวลาวัดค่าแรงดันขาออก และกระแสขาออกได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลวงจรถิซโซปเปอร์ซัพมอเตอร์ขณะไม่มีโหลด

ลำดับ	จังหวะเวลา (%)	ความเร็วรอบ (rpm)	แรงดัน V_t (V)	กระแส I_t (A)
1	15	919.11	33	0.613
2	20	1,005.76	44	0.512
3	25	1,157.22	55	0.483
4	30	1,204.23	66	0.452
5	35	1,294.66	77	0.449
6	40	1,385.06	88	0.456
7	45	1,466.71	99	0.466
8	50	1,574.32	110	0.483
12	70	1,976.28	154	0.559
13	75	2,077.13	165	0.581
14	80	2,147.76	176	0.593
15	85	2,283.12	187	0.623
16	90	2,383.97	198	0.642
17	95	2,459.21	209	0.657
18	100	2,526.11	220	0.669

4.3.4 สรุปผลการทดสอบวงจรถิซโซปเปอร์

ผลการสวิตช์ของวงจรถิซโซปเปอร์สามารถที่จะสวิตช์ตามจังหวะเวลาของสัญญาณจากวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตที่ความถี่ 10 kHz และที่จังหวะเวลาต่าง ๆ ได้ดัง ตารางที่ 4.2 ผลที่ได้คือ จากการวัดแรงดันขาออกของวงจรถิซโซปเปอร์ สามารถที่จะปรับแรงดันได้ตามการปรับจังหวะเวลา

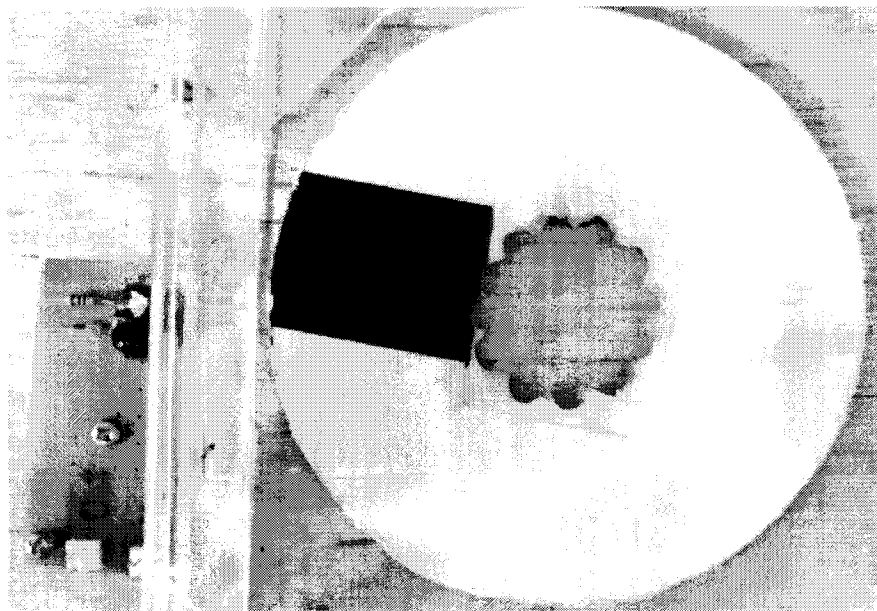
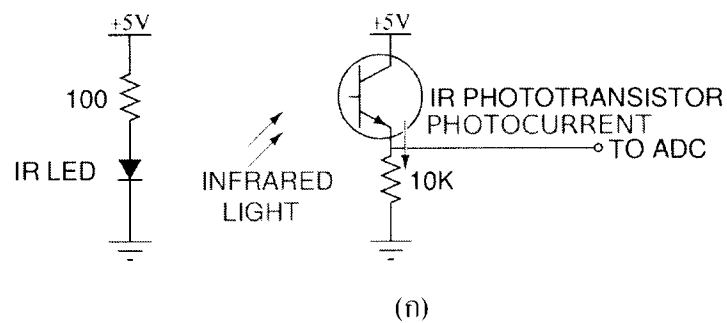
4.4 ผลการวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยอินฟราเรดเซนเซอร์

4.4.1 วัดอุประสงค์

เพื่อวัดความเร็วรอบที่เพลาของมอเตอร์จากเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น

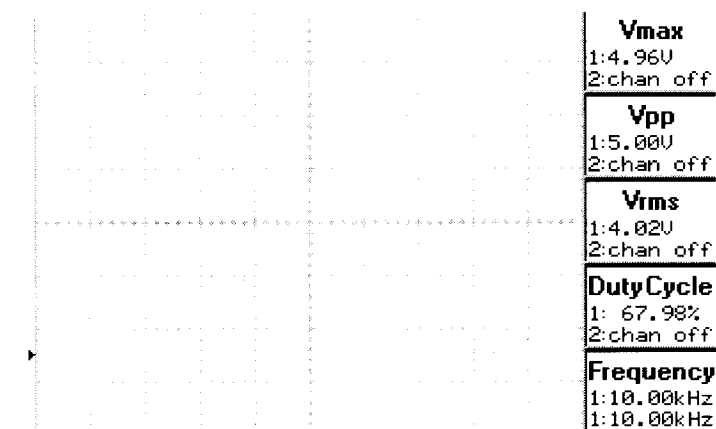
4.4.2 ขั้นตอนการทดลอง

- 4.4.2.1 ต่อยวงจรวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยอินฟราเรดเซนเซอร์ดังรูปที่ 4.7 (ก) เพื่อทำการวัดค่าความถี่ของสัญญาณพัลส์ เพื่อหาความเร็วรอบของมอเตอร์
- 4.4.2.2 ทำการติดแถบสีดำ และขาวที่เพลลาของมอเตอร์ เพื่อให้อินฟราเรดเซนเซอร์ สะท้อนแถบสีขาว เพื่อวัดสัญญาณพัลส์จากอินฟราเรดเซนเซอร์ดังรูปที่ 4.7 (ข)
- 4.4.2.3 ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 V DC ให้กับอินฟราเรดเซนเซอร์



รูปที่ 4.7 (ก) วงจรอินฟราเรดเซนเซอร์ และ (ข) แถบสีที่เพลลาที่ใช้วัดความเร็วรอบของมอเตอร์

4.4.2.4 วัดสัญญาณพัลส์จากอินฟราเรดเซนเซอร์ ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 สัญญาณขาออกที่ความถี่เปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบ

4.4.2.5 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณหาความเร็วรอบที่เพลลาของมอเตอร์ได้

ค่าความเร็วรอบดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การทดสอบเครื่องวัดความเร็วรอบที่สร้างขึ้น

ลำดับที่	เครื่องวัดความเร็ว รอบอินฟราเรดที่ สร้างขึ้น (rpm)	Techo meter ยี่ห้อ DEUMO (rpm)	เครื่องวัดความเร็ว รอบดิจิทัล ELWE (rpm)	แรงดัน (V)	ความคลาด เคลื่อน (%)
1	860.88	865	861	30	0.1022
2	976.43	980	977	40	0.0584
3	1,070.42	1,040	1,071	50	0.0542
4	1,138.26	1,110	1,139	60	0.0592
5	1,203.08	1,195	1,204	70	0.0764
6	1,249.79	1,220	1,251	80	0.0968
8	1,379.13	1,320	1,380	100	0.0630
9	1,407.12	1,395	1,408	110	0.0625
10	1,491.83	1,485	1,492	120	0.0114
11	1,601.85	1,580	1,602	130	0.0094
12	1,735.9	1,605	1,737	140	0.0633
13	1,822.6	1,795	1,823	150	0.0219
14	1,924.05	1,900	1,925	160	0.0494
15	2,009.1	1,995	2,010	170	0.0448

ตารางที่ 4.3 การทดสอบเครื่องวัดความเร็วรอบที่สร้างขึ้น (ต่อ)

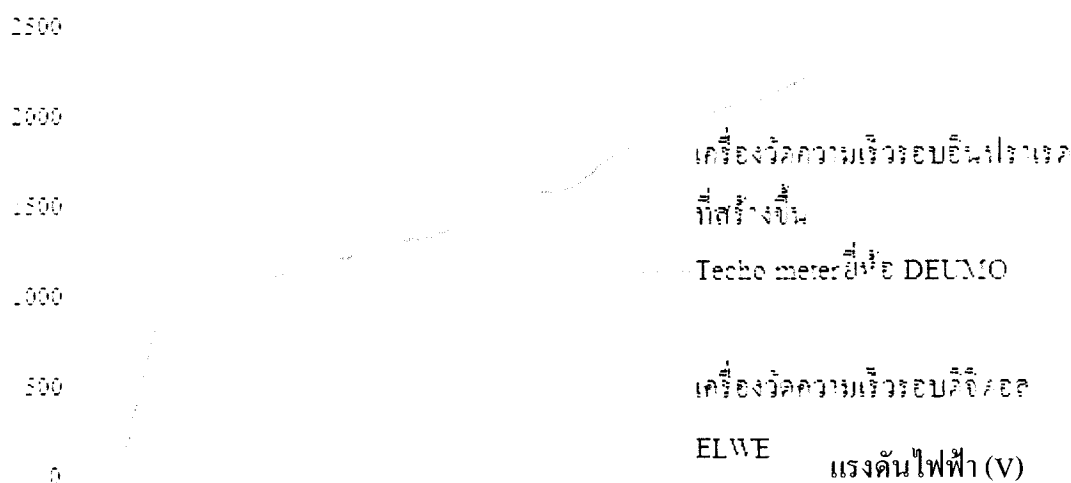
ลำดับ ที่	เครื่องวัดความเร็ว รอบอินฟราเรดที่ สร้างขึ้น (rpm)	Techo meter ยี่ห้อ DEUMO (rpm)	เครื่องวัดความเร็ว รอบดิจิตอล ELWE (rpm)	แรงดัน (V)	ความคลาด เคลื่อน (%)
16	2,095.55	2,060	2,096	180	0.0215
17	2,164.62	2,110	2,165	190	0.0176
18	2,249.55	2,220	2,250	200	0.0200
19	2,309.11	2,290	2,308	210	0.0481

*การต่อเครื่องมอเตอร์แบบซันท์ซึ่งมอเตอร์กระแสตรงมีพิกัดแรงดัน 220 V พิกัดกระแส 2.4 A พิกัดกำลัง 0.37 kW และพิกัดความเร็วรอบ 2,720 rpm

4.4.3 ผลการทดลอง

วิธีการวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยเซนเซอร์อินฟราเรดเป็นดังรูป 4.7 ซึ่งสามารถวัดสัญญาณได้ดังรูปที่ 4.8 ผลที่ได้จากเครื่องมือวัดความเร็วรอบที่สร้างขึ้นจากอินฟราเรด เซ็นเซอร์ พบว่าสามารถวัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ได้โดยตรง มีค่าใกล้เคียงกันค่าจริงเมื่อเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน ซึ่งในที่นี้ให้เป็น เครื่องวัดความเร็วรอบดิจิตอล ELWE และ Techo Meter ยี่ห้อ DEUMO โดยมีความคลาดเคลื่อนดังตารางที่ 4.3 และเมื่อนำความเร็วรอบของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นมาพล็อตกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.9

ความเร็วรอบ (rpm)



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบความเร็วรอบของเครื่องมือทั้ง 3 ชนิด

4.4.4 สรุปผลการทดลองวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยอินฟราเรดเซนเซอร์

พบว่าเครื่องมือวัดความเร็วรอบด้วยอินฟราเรดเซนเซอร์ พบว่าสามารถสามารถวัดค่าความเร็วรอบได้ และสามารถวัดความเร็วรอบได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน ดูได้จากรูปที่ 4.9 พบว่ากราฟเส้นสีเขียว กับสีน้ำเงินมีค่าเท่ากัน ซึ่งสามารถนำเครื่องมือวัดความเร็วรอบที่สร้างขึ้นมาใช้แทนเครื่องมือวัดมาตรฐานได้ และสามารถนำค่าความเร็วรอบในรูปของสัญญาณความถี่ ไปใช้ในการวัดและควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ได้

4.5 ผลการทดสอบขับเคลื่อนมอเตอร์ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลด

4.5.1 วัดอุประสงค์

เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงให้คงที่ขณะที่มีการเพิ่มและลดลงของโหลด

4.5.2 ขั้นตอนการทดลองการเพิ่มโหลด

4.5.2.1 ต่อมอเตอร์กระแสตรงแบบขั้นที่

4.5.2.2 จัดวางชุดอินฟราเรดเซนเซอร์ที่เพลลาของมอเตอร์เพื่อวัดความเร็วรอบและป้อนกลับมาที่ชุดควบคุมความเร็วรอบที่สร้างขึ้น

4.5.2.3 เชื่อมต่อชุดควบคุมความเร็วรอบที่สร้างขึ้นกับ LabVIEW เพื่อแสดงผลและบันทึกค่าความเร็วรอบ

4.5.2.4 ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงให้คงที่ขณะที่ที่ 1,500 rpm

4.5.2.5 ปรับเพิ่ม โหลดเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.2 Nm ตั้งแต่ 0 Nm ถึง 1.8 Nm

4.5.2.6 ทุกครั้งก่อนเพิ่ม โหลดให้ปรับ โหลดเป็น 0 Nm และทำตามข้อ 4.5.2.4

4.5.2.7 นำค่าความเร็วรอบที่บันทึกได้มาเปรียบเทียบกัน ได้ดังรูปที่ 4.10

4.5.3 ขั้นตอนการทดลองการลดโหลด

4.5.3.1 ต่อมอเตอร์กระแสตรงแบบขั้นที่

4.5.3.2 จัดวางชุดอินฟราเรดเซนเซอร์ที่เพลลาของมอเตอร์เพื่อวัดความเร็วรอบและป้อนกลับมาที่ชุดควบคุมความเร็วรอบที่สร้างขึ้น

4.5.3.3 เชื่อมต่อชุดควบคุมความเร็วรอบที่สร้างขึ้นกับ LabVIEW เพื่อแสดงผลและบันทึกค่าความเร็วรอบ

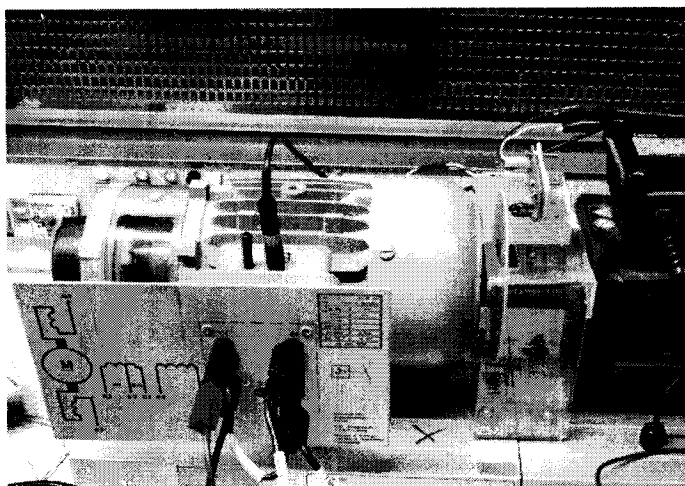
4.5.3.4 ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงให้คงที่ 1,500 rpm

4.5.3.5 ปรับลด โหลดลงครั้งละ 0.2 Nm ตั้งแต่ 1.8 Nm ถึง 0 Nm

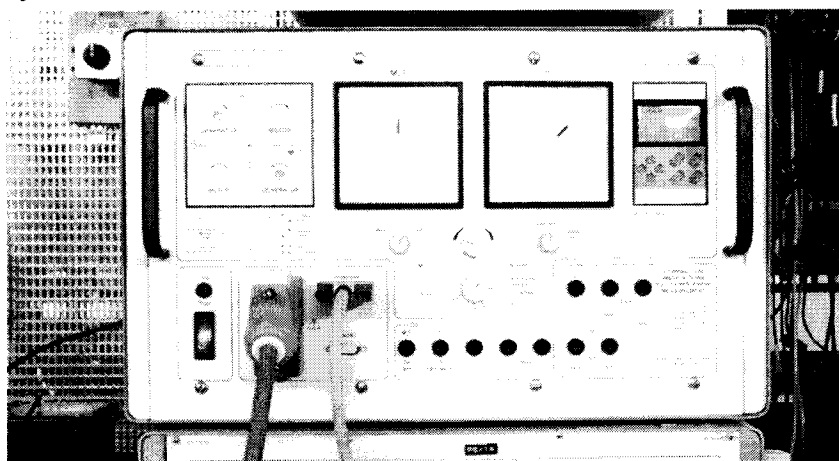
4.5.3.6 ทุกครั้งก่อนเพิ่ม โหลดให้ปรับ โหลดเป็น 0 Nm และทำตามข้อ 4.5.3.4

4.5.2.7 นำค่าความเร็วรอบที่บันทึกได้มาเปรียบเทียบกันได้ดังรูปที่ 4.10

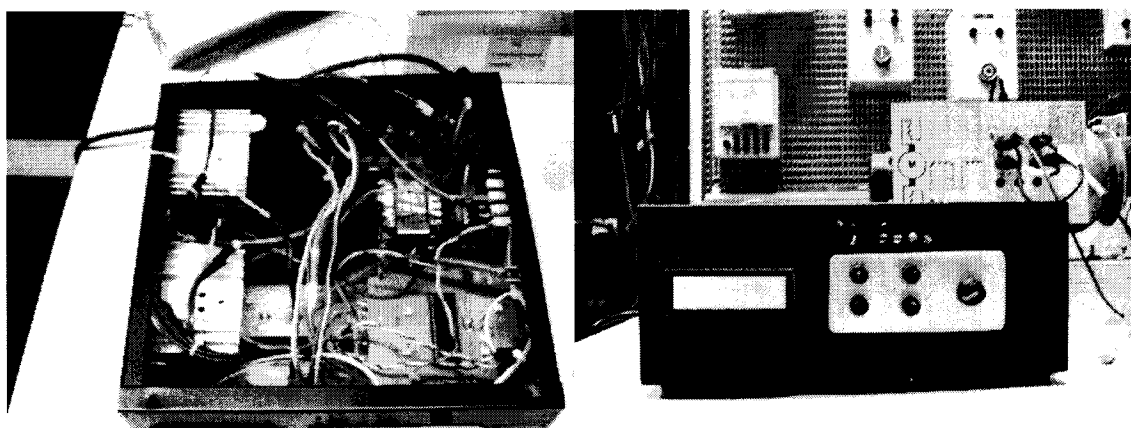
4.5.4 ผลการทดลองการเพิ่มโหลด



รูปที่ 4.10 การต่อมอเตอร์กระแสตรงและการจัดวางชุดอินฟราเรดเซนเซอร์



รูปที่ 4.11 ชุดจ่ายโหลดให้กับมอเตอร์กระแสตรง



รูปที่ 4.12 ชุดควบคุมความเร็วรอบที่สร้างขึ้น

เป็นการทดสอบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงให้คงที่ขณะที่โหลดเพิ่มขึ้น โดยที่ทุก ๆ วินาทีทำการสังเกตและบันทึกผลค่าความเร็วรอบและจำนวนครั้งของการปรับเข้าสู่ค่าความเร็วรอบที่ปรับตั้งไว้ในที่นี้คือ 1,500 rpm โดยในการทดสอบเพิ่มโหลดนั้นใช้ชุดจ่ายโหลดมอเตอร์ในห้องปฏิบัติการเครื่องกลไฟฟ้า ซึ่งได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.13

4.5.5 ผลการทดลองลดโหลด

การทดสอบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงให้คงที่ขณะที่โหลดลดลงนั้น โดยเริ่มต้นมอเตอร์หมุนที่ความเร็วปรับตั้งคือ 1,500 rpm ที่โหลด 1.8 Nm จากนั้นลดโหลดมอเตอร์ลง แล้วสังเกตและบันทึกผลค่าความเร็วรอบทุก ๆ วินาที การปรับสู่ค่าความเร็วรอบที่ปรับตั้งไว้ ซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.14

ความเร็วรอบ (rpm)

1500

1600

1400

1200

1000

800

600

400

200

0

----- ทอร์ค 0 Nm.

----- ทอร์ค 0.2 Nm.

----- ทอร์ค 0.4 Nm.

----- ทอร์ค 0.6 Nm.

----- ทอร์ค 0.8 Nm.

----- ทอร์ค 1 Nm.

----- ทอร์ค 1.2 Nm.

----- ทอร์ค 1.4 Nm.

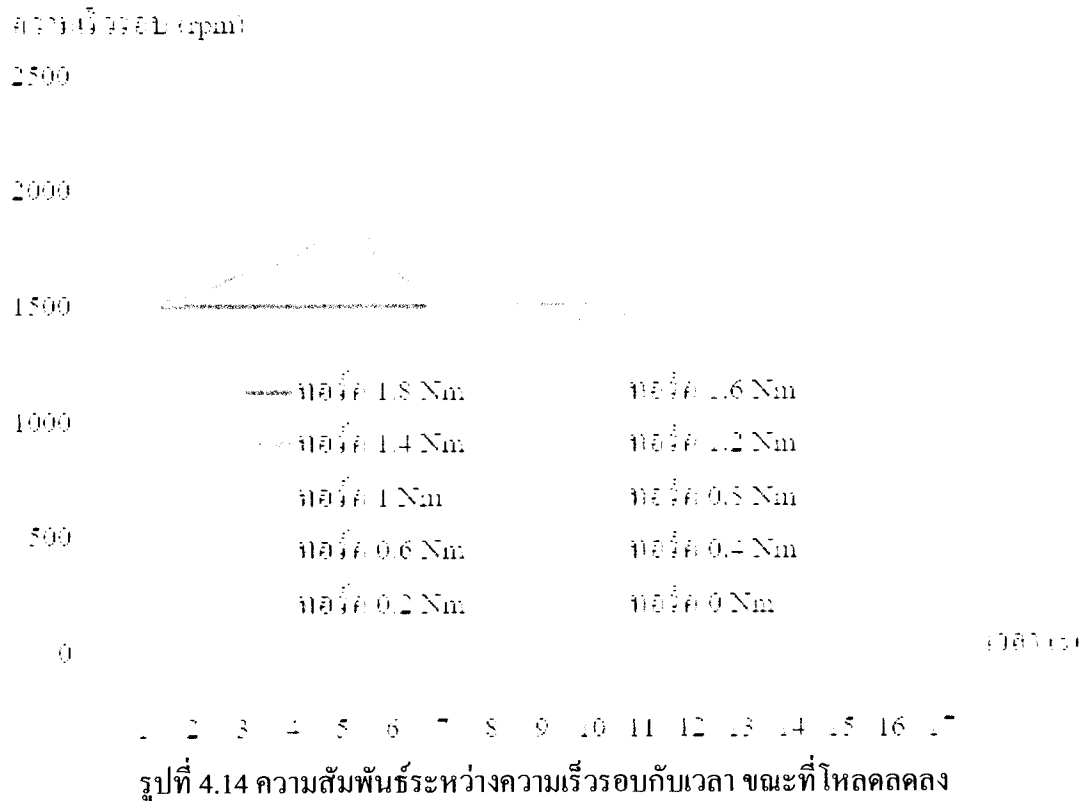
----- ทอร์ค 1.6 Nm.

----- ทอร์ค 1.8 Nm.

เวลา (วินาที)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับเวลา ขณะที่โหลดเพิ่มขึ้น

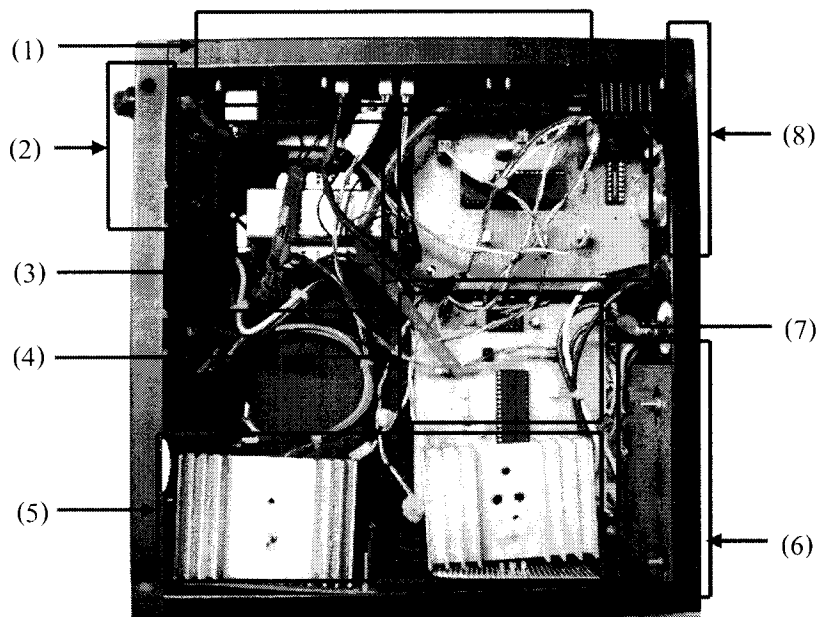


4.5.6 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงให้คงที่ขณะที่โหลดเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่ม โหลดตั้งแต่ 0 – 1.8 Nm และทำการบันทึกผลการทดลองทุก ๆ วินาที ซึ่งพบว่าชุดควบคุมความเร็วรอบที่สร้างขึ้นสามารถปรับค่าความเร็วรอบให้เท่ากับค่าที่ปรับตั้งไว้คือ 1,500 rpm โดยที่ระยะเวลาการปรับเข้าสู่ค่าความเร็วรอบที่ปรับตั้งนั้นจะเร็วเมื่อ โหลดมีค่าน้อยและช้าเมื่อ โหลดมีค่ามาก สำหรับการทดสอบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงให้คงที่ขณะที่ โหลดลดลง โดยสถานะเริ่มต้นมอเตอร์กระแสตรงหมุนที่ความเร็วรอบ 1,500 rpm มี โหลด 1.8 Nm หลังจากนั้นปรับ โหลดลดลงและบันทึกผลทุก ๆ วินาที ซึ่งพบว่าชุดควบคุมความเร็วรอบที่สร้างขึ้นสามารถปรับค่าความเร็วรอบให้เท่ากับค่าความเร็วรอบที่ปรับตั้งไว้โดยที่ระยะเวลาการปรับความเร็วรอบนั้นจะช้าลงเมื่อปรับ โหลดมีค่าลดลง ดังนั้นชุดควบคุมความเร็วรอบที่สร้างขึ้นสามารถควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงทั้งในกรณี โหลดเพิ่มขึ้นและ โหลดลดลง ซึ่งค่าความเร็วรอบที่ปรับ โดยชุดควบคุมความเร็วรอบที่สร้างขึ้นนั้นมีค่าเท่ากับค่าความเร็วรอบที่ปรับตั้งไว้

4.6 สร้างชุดทดลองขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง

สร้างชุดทดลองดีซีมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงได้ ซึ่งแสดงดังรูป 4.10



รูปที่ 4.15 ชุดทดลองขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง

4.6.1 ส่วนประกอบวงจรชุดทดลองขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง

(1) วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 5 V และ 15 V จ่ายให้วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยอินฟราเรดเซนเซอร์ 5 V จ่ายให้วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต 15 V

(2) แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ โดยไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายให้กับวงจรดีซีชอปเปอร์ และไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายให้หม้อแปลงแรงดัน

(3) หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 5 V และ 15 V วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 5 V และ 15 V

(4) วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ สร้างสัญญาณพัลส์ที่สามารถปรับจังหวะเวลา และใช้คำนวณความเร็วรอบจากสัญญาณความถี่ที่ได้จากวงจรวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยอินฟราเรดเซนเซอร์

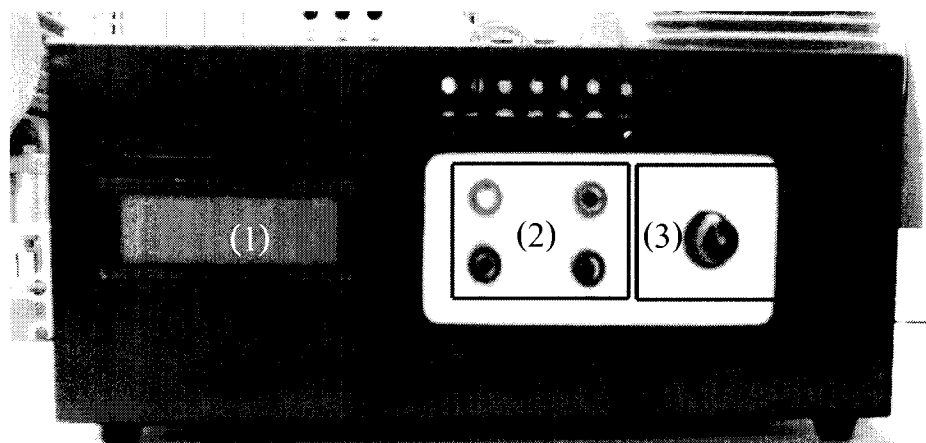
(5) วงจรดีซีชอปเปอร์ สามารถปรับจังหวะเวลาไฟฟ้ากระแสตรง 220 V เพื่อปรับแรงดันขาออก

(6) หน้าจอแสดงผล LCD ใช้แสดงค่าความเร็วรอบที่เพลาของมอเตอร์ และแสดงค่าจังหวะเวลาในขณะนั้น

- (7) วงจรจับเพาเวอร์มอสเฟตใช้จุดคำนวณวงจรดีซีชอปเปอร์
- (8) แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขาออกใช้ขั้วดีซีมอเตอร์

4.6.2 ด้านหน้าแผงควบคุมชุดทดลอง

ในการออกแบบชุดทดลองขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะต้องออกแบบให้ผู้ใช้งานใช้งานได้ง่ายและปลอดภัย ซึ่งชุดทดลองที่ออกแบบจะแสดงและอธิบายได้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.16 แผงควบคุมด้านหน้าชุดทดลอง

จากรูปที่ 4.16 แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

- (1) หน้าจอ LCD แสดงผลการคำนวณค่าจังหวะเวลาและค่าความเร็วรอบ
- (2) แรงดันขาออกไฟฟ้ากระแสตรง
- (3) ปุ่มปรับจังหวะเวลาของสัญญาณพัลส์

บทที่ 5

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

ปฏิญานิพนธ์นี้ได้นำเสนอ หลักการทำงานของคิซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดรนต์ ที่สามารถทำการทดลองขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงควอดแดรนต์ที่หนึ่งได้ ส่วนประกอบของวงจรควบคุมประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 สร้างสัญญาณพัลส์เพื่อใช้จุดชนวนให้กับมอเตอร์ เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้มีความเร็วรอบคงที่ ณ ค่าใดค่าหนึ่งขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของโหลด ซึ่งมีการบันทึกและแสดงผลค่าความเร็วรอบด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม LabVIEW และแสดงผลค่าความเร็วรอบ ค่าจังหวะเวลาผ่านหน้าจอ LCD จากผลการทดสอบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง พบว่าชุดควบคุมความเร็วรอบที่สร้างขึ้นจากวงจรคิซีชอปเปอร์แบบหนึ่งควอดแดรนต์สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ กล่าวคือสามารถที่จะควบคุมความเร็วรอบให้คงที่ได้ในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลด ซึ่งการปรับค่าความเร็วรอบจะต้องใช้เวลาเล็กน้อยโดยประมาณ 10 วินาที ดังรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14 ดังนั้นชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงที่สร้างขึ้นสามารถที่จะสรุปรายละเอียดและจุดประสงค์ของวงจรต่าง ๆ ได้ดังนี้

- สร้างสัญญาณพัลส์ ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถสร้างสัญญาณพัลส์ให้สามารถปรับจังหวะเวลาให้สามารถทำงานได้ตั้งแต่ 0 - 100 %
- วงจรขับเพาเวอร์มอเตอร์ สามารถขยายระดับแรงดันของสัญญาณพัลส์
- วงจรคิซีชอปเปอร์ สามารถปรับแรงดันขาออกเป็นแรงดันเฉลี่ยของการสวิทช์จังหวะเวลา
- วงจรวัดความเร็วรอบด้วยอินฟราเรดเซนเซอร์ สามารถวัดความเร็วรอบที่เพลลาของมอเตอร์ได้อย่างแม่นยำ และเที่ยงตรง
- การบันทึกผลด้วยโปรแกรม LabVIEW สามารถที่จะเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และนำมาพล็อตเป็นกราฟ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่าง ๆ

- โปรแกรมควบคุมย้อนกลับ สามารถควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ให้มีความเร็วคงที่ ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของโหลด

5.2 ปัญหาที่พบ

- 5.2.1 การเสียหายเนื่องจากการระเบิดของมอเตอร์กำลัง
- 5.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งานเกิดความเสียหาย เนื่องจากวงจรสัญญาณไม่ได้แยกออกจากวงจรกำลัง

5.3 ข้อเสนอแนะ

- 5.3.1 ควรศึกษารายละเอียด การทำงานของมอเตอร์กำลังในสถานะต่าง ๆ ในการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง
- 5.3.2 ควรศึกษาเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณพัลส์เพื่อนำมาใช้ในการทริกมอเตอร์กำลัง
- 5.3.3 ควรใช้วงจรแยกทางแสงระหว่างวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับวงจรดีซีชอปเปอร์ เพื่อป้องกันความเสียหายซึ่งอาจทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดความเสียหายได้
- 5.3.4 ควรศึกษาการพัฒนาโปรแกรมควบคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW

5.4 สิ่งที่ต้องพัฒนาต่อ

- 5.4.1 ควรพัฒนาให้วงจรดีซีชอปเปอร์สามารถควบคุมได้ทั้ง 4 ควอดแดรนต์
- 5.4.2 ควรพัฒนาให้โปรแกรมให้มีความสามารถที่จะรักษาความเร็วรอบให้คงที่สม่ำเสมอตลอดเวลา ในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของโหลด

บรรณานุกรม

- [1] Chapman, Stephen J., **Electric Machinery Fundamentals**, Mc Graw-Hill, Inc., 1985.
- [2] N. Mohan, T .M. Underland, and W.P. Robins, **Power Electronics Converter, Application and Design**, John Wiley & Sons, Inc., 1989.
- [3] วีระเชยษ์ ชันเงิน และ วุฒิปด ชาราธิรเศรยษ์, **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง**, พิมพ์ครั้งที่ 4, กทม., โรงพิมพ์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด วิ.เจ.พริ้นติ้ง, 2547
- [4] ศุภชัย สุรินทร์วงศ์. **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี, 2535.
- [5] **รังสีอินฟราเรด**. สืบค้นวันที่ 5 มกราคม 2555 จาก
<http://www.vcharkarn.com/vcafe/59723>
- [6] **Timer/Counter/CCP**. สืบค้นวันที่ 20 มีนาคม 2555 จาก
<http://www.thaimicrotron.com/CCS-628/Timer/TimerCounter.htm>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร (มีเฉพาะรายละเอียดด้านหน้าเท่านั้น
ส่วนรายละเอียดข้อมูลทั้งหมด สามารถสืบค้นได้จาก www.datasheetcatalog.com)

Advanced Power MOSFET

IRFP350A

FEATURES

- Avalanche Rugged Technology
- Rugged Gate Oxide Technology
- Lower Input Capacitance
- Improved Gate Charge
- Extended Safe Operating Area
- Lower Leakage Current 10 μ A (Max.) @ $V_{DS} = 400V$
- Low $R_{DS(on)}$: 0.254 Ω (Typ.)

$$BV_{DSS} = 400 V$$

$$R_{DS(on)} = 0.3\Omega$$

$$I_D = 17 A$$

TO-3P



1. Gate 2. Drain 3. Source

Absolute Maximum Ratings

Symbol	Characteristic	Value	Units
V_{DSS}	Drain-to-Source Voltage	400	V
I_D	Continuous Drain Current ($T_C=25^\circ C$)	17	A
	Continuous Drain Current ($T_C=100^\circ C$)	10.6	
I_{DM}	Drain Current-Pulsed (1)	68	A
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 30	V
E_{AS}	Single Pulsed Avalanche Energy (2)	1156	mJ
I_{AR}	Avalanche Current (1)	17	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy (1)	20.2	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt (3)	4.0	V/ns
P_D	Total Power Dissipation ($T_C=25^\circ C$)	202	W
	Linear Derating Factor	1.61	
T_J, T_{STG}	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +150	$^\circ C$
T_L	Maximum Lead Temp. for Soldering Purposes, 1/8. from case for 5-seconds	300	

Thermal Resistance

Symbol	Characteristic	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	0.62	$^\circ C/W$
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink	0.24	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	40	

IRFP350

IR2110/IR2113(S)

HIGH AND LOW SIDE DRIVER

Features

- Floating channel designed for bootstrap operation
Fully operational to +500V or +600V
Tolerant to negative transient voltage
dV/dt immune
- Gate drive supply range from 10 to 20V
- Undervoltage lockout for both channels
- 3.3V logic compatible
Separate logic supply range from 3.3V to 20V
Logic and power ground $\pm 5V$ offset
- CMOS Schmitt-triggered inputs with pull-down
- Cycle by cycle edge-triggered shutdown logic
- Matched propagation delay for both channels
- Outputs in phase with inputs

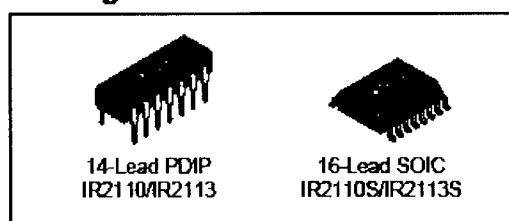
Description

The IR2110/IR2113 are high voltage, high speed power MOSFET and IGBT drivers with independent high and low side referenced output channels. Proprietary HVIC and latch immune CMOS technologies enable ruggedized monolithic construction. Logic inputs are compatible with standard CMOS or LSTTL output, down to 3.3V logic. The output drivers feature a high pulse current buffer stage designed for minimum driver cross-conduction. Propagation delays are matched to simplify use in high frequency applications. The floating channel can be used to drive an N-channel power MOSFET or IGBT in the high side configuration which operates up to 500 or 600 volts.

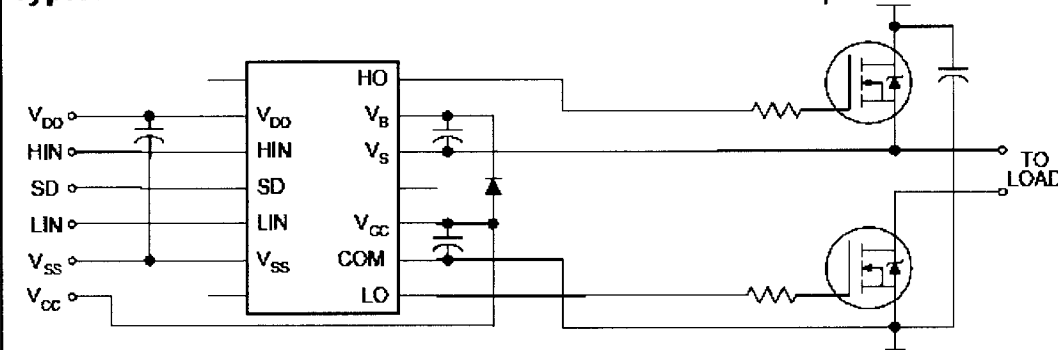
Product Summary

V_{OFFSET} (IR2110)	500V max.
(IR2113)	600V max.
$I_{\text{O+/-}}$	2A / 2A
V_{OUT}	10 - 20V
$t_{\text{on/off}}$ (typ.)	120 & 94 ns
Delay Matching (IR2110)	10 ns max.
(IR2113)	20ns max.

Packages



Typical Connection



(Refer to Lead Assignments for correct pin configuration). This/These diagram(s) show electrical connections only. Please refer to our Application Notes and Design Tips for proper circuit board layout.



L7800 SERIES

POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

- OUTPUT CURRENT TO 1.5A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 10; 12; 15; 18; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION

DESCRIPTION

The L7800 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220, TO-220FP, TO-220FM, TO-3 and D²PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltage and currents.

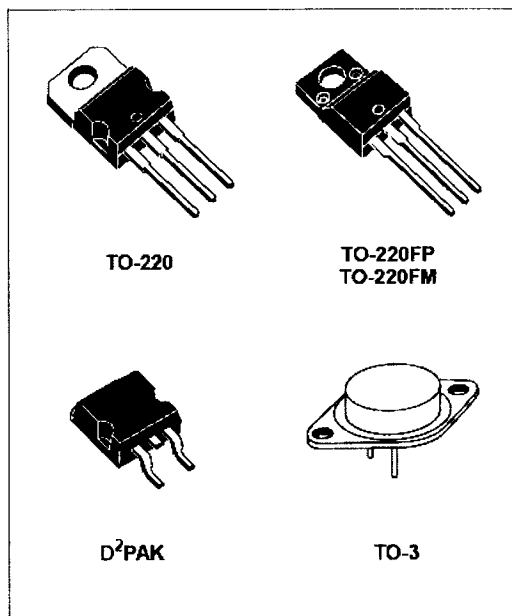
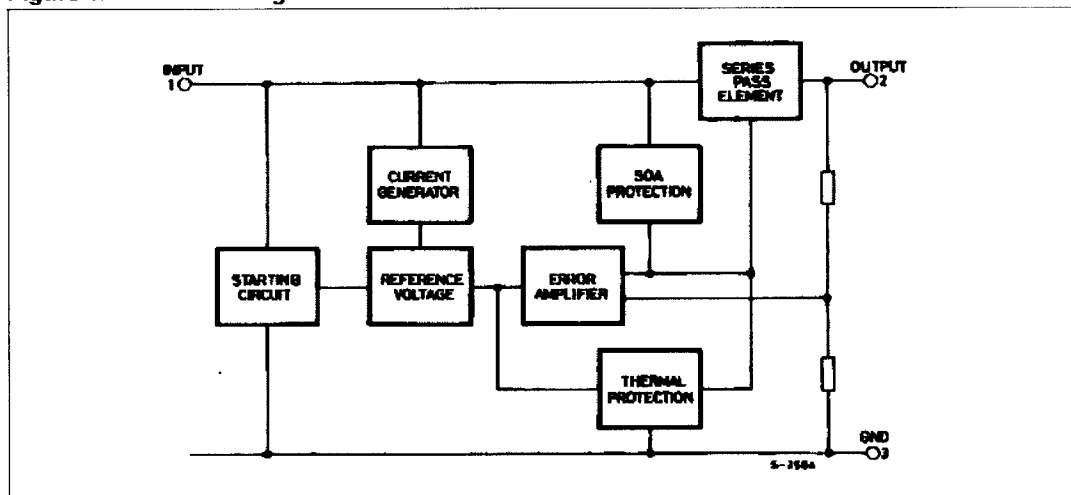


Figure 1: Schematic Diagram



L7800 SERIES



TAIWAN OASIS LED DATA SHEET (FOR INFRARED)

PART NO. : TOIR-50b94bCEa

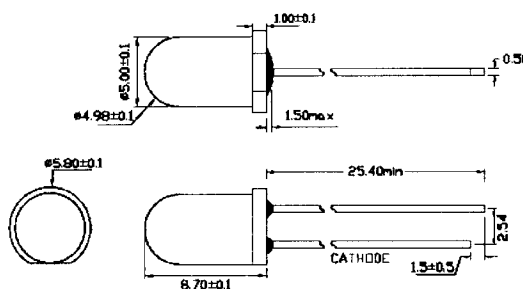
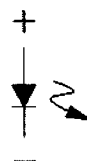
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS AT TA=25°C

PARAMETER	SYMBOL	DATA	UNIT
Forward Current	I_{FM}	100	mA
Peak Forward Current (duty=1:100, f=100kHz)	I_{FP}	1000	mA
Reverse Voltage	V_R	6	V
Power Dissipation	P_D	150	mW
Operating Temperature Range		-25 to +85	°C
Storage Temperature Range		-30 to +85	°C
Lead Solder Temperature (1/10 Inch Below Seating Plane)		260°C for 3 sec.	

ELECTRICAL/OPTICAL CHARACTERISTICS AT TA=25°C

PARAMETER	SYMBOL	DATA	UNIT	TEST CONDITION
Radiated Output Power	$P_o(Typ.)$	12.0	mW	Distance: 10cm $I_F = 50mA$ Detector Area: $1cm^2$
Forward Voltage	V_F	TYP: 1.25 MAX: 1.45	V	$I_F = 20mA$
Wavelength	λ_P	940	nm	$I_F = 20mA$
Spectrum Width of Half Value	$\Delta\lambda$	50	nm	$I_F = 20mA$
Reverse Current	I_R	10	μA	$V_R = 5V$
Full Viewing Angle	$2 \times \frac{1}{2}\theta$	25	°	$I_F = 20mA$
Lens		Water Clear		
Radiation Material		GaAs/GaAs		

PACKAGE DIMENSIONS &
INTERNAL CIRCUIT DIAGRAM



DATE	01/10/01	SCALE	2.5:1	TOLERANCE	± 0.05 ANGLE $\pm 5^\circ$	DRAWN	华明亮	CHECKED
UNIT	M/M	SHEET NO.	1/2	DRAWING NO.	S-50b94bCEa-A	CUSTOMER		APPROVED

ตัวส่งอินฟราเรด



TAIWAN OASIS LED DATA SHEET

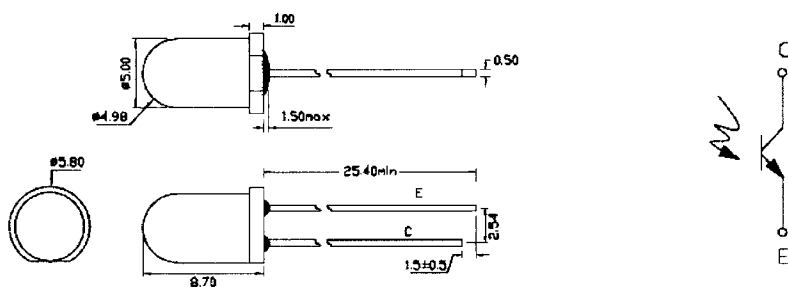
PART NO. : TOPS-050aTB₂

ABSOLUTE MAXIMUM RATING (Ta = 25°C)

Parameter	Symbol	Data	Unit	Test Condition
Collector-Emitter Breakdown Voltage	BV _{ceo}	30	v	I _c =100uA I _b =0
Emitter-Collector Breakdown Voltage	BV _{eco}	5	v	I _e =100uA I _b =0
Collector Dark Current	I _d	0.1	uA	V _{ce} =10v H=0mW/cm ²
Collector Light Current	I _L	4.0	mA	V _{ce} =10v 2856k 1000lx
Collect Power Dissipation	P _{cm}	140	mW	
Rise/Fall Time	Tr/Tf	• 5	uS	R=50• V _{ce} =10v I _c =1mA
Life Time	H	100'000	Hrs	V _{ce} =10v
Peak collection Wavelength	• P	900	nm	
Spectral Range		750~1050	nm	
Operating Temperature Rang		-25 °C	to	70 °C
Storage Temperature Range		-30 °C	to	100 °C
Lens Color				Black

PACKAGE DIMENSIONS:

INTERNAL CIRCUIT DIAGRAM:



DATE	11/07/00'	SCALE	2.5:1	TOLERANCE	± 0.25 ANGLES 15°	DRAWN	华明亮	CHECKED	
UNIT	M/M	SHEET NO.	1/1	DRAWING NO.	S-060aTB ₂ -A	CUSTOMER		APPROVED	

ตัวรับอินฟราเรด

ภาคผนวก ข

โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887

```

/*****
#include "C:\Users\Microsoft.Microsoft-2011\Desktop\RPM meter\ms_couttime.h"
#use delay(clock=4000000)
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,PUT,NOLVP
#include <stdlib.h>
#define LCD_DATA_PORT getenv("SFR:PORTD")
#include "lcd.c"
#include <math.h>
#use rs232(baud=9600, bits=8, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)

float T,rpm;
float time1,time2;
BOOLEAN hook_cpp1, HookRise;

/*#INT_TIMER0
void INTTM0(){
    tt++;
    set_timer0(3036);        //Reload
    delay_ms(20);
}*/
/***** interrupt frequency detector*****/
#int_ccp1
void capture_isr()
{
    if(HookRise)
    {
        time1 = get_timer1();

```

```

    HookRise = FALSE;
}
else
{
    time2 = get_timer1();
    HookRise = TRUE;
    hook_cpp1 = FALSE;          //done
}
}

void dis(float T){
float rpm;
//set pulse output
setup_ccp2(CCP_PWM);
set_adc_channel( 1 );
setup_timer_2(T2_DIV_BY_4,124,1);
//calculate speed and frequency
rpm=60/T;
printf(" %f\t",1/T);    //Display RS232
printf(" %f\t\r\n\r",rpm);
//pwm to control dc motor
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc, "Speed=%f\rpm",rpm);
}

void main(void) {
lcd_init();
T=0;
rpm=0;
while(TRUE){
    HookRise=TRUE;
    hook_cpp1=TRUE;

```

```
setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_8);
setup_ccp1(CCP_CAPTURE_RE);
enable_interrupts(INT_CCP1);      // Enable interrupt CCP1
enable_interrupts(GLOBAL);
set_timer1(0);
while(hook_cpp1);
setup_ccp1(CCP_OFF);
disable_interrupts (GLOBAL);
T =(time2-time1)*8*1000*0.000000001; // Period time=cycle*(4/fosc)*PR
dis(T);
}
}
```


ประวัติผู้จัดทำปฏิญานิพนธ์



- นายธีรศานต์ คำขำ
- เกิดเมื่อวันที่ 8 เดือน สิงหาคม พ.ศ.2532
- อยู่บ้านเลขที่ 73 หมู่ 6 บ.โพนทอง ต.ท่าหาดยาว อ.โพนทราย จ.ร้อยเอ็ด 45240
- จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาที่โรงเรียนบ้านโพนทอง
- จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนบาลีเตรียมอุดมศึกษา วัดโพธาราม
- จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนสามขาวิทยา
- เข้าศึกษาระดับอุดมศึกษาที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เมื่อปี พ.ศ. 2551



- นายวีระ บุญกล้า
- เกิดเมื่อวันที่ 12 เดือน ธันวาคม พ.ศ.2532
- อยู่บ้านเลขที่ 149 หมู่ 12 บ.พอกใหญ่ ต.ภู่อ.ปรางค์คู จ.ศรีสะเกษ 33170
- จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาที่โรงเรียนบ้านพอก
- จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนพอกพิทยาคม รัชมังคลาภิเษก
- จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนโรงเรียนพอกพิทยาคม รัชมังคลาภิเษก
- เข้าศึกษาระดับอุดมศึกษาที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เมื่อปี พ.ศ. 2551

